Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО СОЮЗА ССР

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ СБОРНИК

VI

ВОПРОСЫ ИЗУЧЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

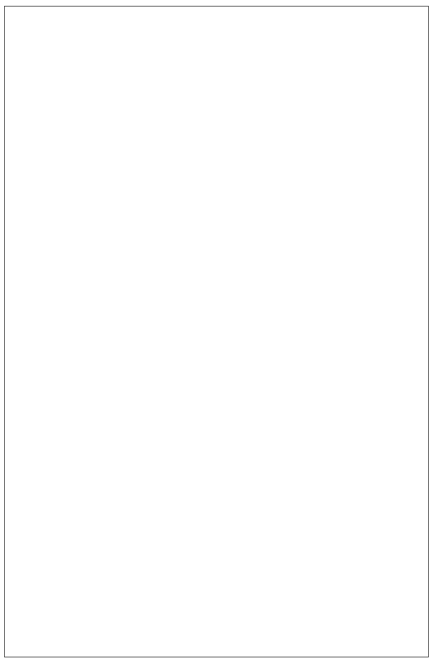
МОСКВА 1954 ЛЕНИНГРАД

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Главный редактор
академик *Е. Н. ПАВЛОВСКИЙ*

Ответственный редактор
кандидат технических наук
Ф. И. Быдин



STAT

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

ПРЕДИСЛОВИЕ

XIX съезд Коммунистической партии Советского Союза и последующие решения партии и правительства поставили перед работниками науки и производства ряд важных задач, в том числе и в области изучения водных ресурсов нашей Родины.

В Географическом обществе Союза ССР при Академии Наук СССР в 1948 г. учреждена Комиссия водных ресурсов, поставившая своей целью объединение усилий различных деятелей на этом поприще. Задачи, здесь возникающие, обширны и разнообразны. Для обоснованного решения этих задач, особенно сложных комплексных проблем, требуется участие специалистов разных профилей: географов, геологов, гидрологов, гидрогеологов, климатологов, агрометеорологов, почвоведов, ботаников, геоморфологов, гидротехников, гидромелиораторов, водоснабженцев, гигиенистов и др. Географическое общество Союза ССР, имеющее в своих рядах большое количество высококвалифицированных деятелей разных профилей, может существенно помочь этому начинанию.

Данный (первый) том трудов исследователей водных ресурсов отражает, конечно, лишь весьма небольшую часть поставленных вопросов. По мере же расширения сферы деятельности Комиссии круг обсуждаемых вопросов должен увеличиваться.

В процессе подготовки к печати сборника редакция пользовалась советами и указаниями Президиума Общества, членов Комиссии водных ресурсов, а также В. Н. Гончарова, Н. И. Толстихина, А. П. Доманицкого, которым она и выражает свою благодарность.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

1954 · ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ СБОРНИК · VI

ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО СОЮЗА ССР

Ф. И. БЫДИН

МЕТОДИКА АНАЛИЗА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В ИХ ЗАВИСИМОСТИ ОТ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Публикуемая работа предназначается как для исследователей, желающих итти несколько отличными путями, чем это делалось ранее и делается сейчас в отношении учета и анализа водных ресурсов нашей страны, так и для производственников, желающих применить предложения автора на деле.

В целях полноты изложения, кроме новых предложений и формул, приведены и некоторые ранее известные.

Первые варианты этого исследования и отдельные вопросы рассматривались на протяжении 1945—1949 гг. чл.-корр. АН СССР Н. Н. Славяновым, докт. геогр. наук проф. П. И. Колосковым, докт. техн. наук проф. Б. А. Аполловым, докт. техн. наук проф. Б. В. Поляковым, гидрогеологом Б. И. Куделиным, в Институте географии Академии Наук СССР, обсуждались на II Всесоюзном Географическом съезде. Некоторые темы затрагивались в Техническом совете Министерства электростанций СССР и среди актива специалистов Министерства речного флота СССР. Ряд вопросов неоднократно обсуждался в Комиссии водных ресурсов Географического общества Союза ССР. При подготовке работы к печати были учтены весьма ценные советы М. В. Малышева.

Все перечисленные учреждения и лица признали постановку этого вопроса заслуживающей серьезного внимания, что обязывает автора довести затрагиваемые здесь проблемы до более широких кругов исследователей и практиков. С этой целью вниманию читателей и предлагается данное исследование.

Вполне понимая, что количественно обоснованное решение этого вопроса нельзя считать легкой задачей, автор будет весьма признателен за дальнейшие указания и советы относительно улучшения этой работы.

ВВЕДЕНИЕ

Наш знаменитый соотечественник, географ, климатолог и гидролог А. И. Воейков (1884, стр. 98) писал: «Результатом осадков являются источники и реки, которые возвращают избыток воды или в океаны или во внутренние бассейны. С них вода опять испаряется и снова совершает свой кругооборот.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

«При прочих равных условиях страна будет тем богаче текучими водами, чем обильнее осадки и чем менее испарение, как с поверхности почвы и вод, так и растениями.

«Таким образом, реки можно рассматривать как продукт климата».

Эти отправные позиции были и остаются руководящими в деле широкого изучения водных ресурсов страны, и их следует развивать.

Данное исследование этого вопроса, направленное к численному непрерывному преобразованию величин атмосферных осадков в характеристики водного режима, начато двадцать пять лет тому назад, когда на автора была возложена обязанность изучать особенности ряда водоемов с предвидением притока воды в то или иное место на несколько месяцев вперед.

Ничего более надежного, чем выпавшие атмосферные осадки или конденсировавшаяся в водосборе влага, использовать для этих целей пока нельзя. Результатом именно этих осадков и влаги являются все воды страны. Другие факторы и условия (грунт, растительность, рельеф, состояние среды) позволяют только перераспределять эту влагу. Следствием последних обстоятельств являются и многие детали в формировании режима водоемов: замедленное или быстрое стекание воды в водосборе соответственно почвенным, геологическим, гидрогеологическим, топографическим, ботаническим и иным особенностям водосбора; большие или малые потери воды, или, как мы их называем, «неучаствующие осадки» в рассматриваемом притоке воды; поступление воды в данный водосбор от атмосферных осадков в другом водосборе и т. д. и т. п.

Поэтому не только сейчас, но и в ближайшей и в отдаленной перспективе, в том числе и тогда, когда люди научатся искусственно извлекать в нужных размерах влагу из атмосферы, всегда нужны будут способы перехода от величин атмосферных осадков к объемам и другим численным характеристикам воды на земле.

Посильное решение ряда вопросов в этой серии задач составляет сущность данной работы.

ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ ВОПРОСА

Представим себе более или менее значительный водосборный речной бассейн, который охватывает болота, озера, леса, луга, пашни и различные грунты. Очевидно, осадки, даже равномерно выпадающие в этом бассейне, не могут все сразу попасть к какому угодно избранному створу, потому что:

1) часть из них попадет в грунт, где скорость движения воды в десятки, сотни и тысячи раз меньше, чем на поверхности земли; поэтому эти осадки гораздо позднее попадут к изучаемому створу, нежели быстро стекающие по поверхности земли;

2) часть осадков попадет непосредственно на водное зеркало озер, прудов и других водохранилищ, которые сразу принимают в себя эту воду, но гораздо более замедленно отдают ее ниже расположенным местам;

3) часть осадков попадет в лесные массивы, на луга, в различно обработанную пахотную землю и т. п., где выпавшая атмосферная влага также будет по-разному стекать в ниже расположенные места.

В результате часть осадков, выпавших на этой территории, попадет раньше к изучаемому створу, часть позже, а часть осадков и

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

вовсе не попадет (испарится в атмосферу, задержится вне рассматриваемого створа и т. п.).

И только осадки, попадающие на не проницаемую для воды или слабо проницаемую поверхность, имеющую к тому же необходимый наклон в соответствующую сторону, могут довольно быстро и сравнительно беспрепятственно перемещаться по поверхности земли к изучаемому створу, если по пути не встретится каких-либо искусственных или естественных преград, например плотин, озер и т. п.

Эти особенности очень важно ясно себе представлять, чтобы правильно их использовать для всякого рода анализов, расчетов и перспективных соображений.

Известно, что Л. Шерман (Sherman, 1932) предложил метод элементарного гидрографа для расчета и прогноза быстро стекающей части атмосферной воды в виде явно выраженного дождевого паводка. Но сроки, на которые распространяются такого рода расчеты и прогнозы, невелики, обычно 1—3—5 суток. Кроме того, замечалось, что даже и на столь короткие сроки расчеты и прогнозы по этому методу нередко весьма существенно расходились с действительностью, например осадки выпадают значительные, а стоки воды или уровни вовсе не растут или растут очень слабо. В другие же годы, наоборот, выпадают сравнительно небольшие осадки, а сток воды или уровень изменяется от этих осадков довольно значительно.

В результате, временами наблюдавшийся успех расчетов и прогнозов даже на эти небольшие сроки сопровождался затем значительными ошибками и неясностями. Кроме того, осадки наперед не известны, а количественные прогнозы их либо отсутствуют, либо часто ненадежны. Вследствие этого перспективы увеличения сроков заблаговременности гидрологических прогнозов этим путем, т. е. без знания будущих осадков, нереальны.

Необходимо знать не только атмосферные осадки, стекающие по поверхности земли и на глубине, но и конденсирующуюся влагу. Поэтому рассматривать этот вопрос можно с двух сторон.

1. Метод элементарного гидрографа рассчитан на обязательное и сравнительно быстрое стекание лишь части атмосферных осадков. На самом же деле иногда осадки вовсе не стекают, а целиком испаряются или в значительной части, нередко в преобладающей, уходят в грунт. Следовательно, только в случаях, когда не все осадки испаряются и лишь сравнительно небольшая часть задерживается грунтами и другими перераспределителями воды, тогда оставшиеся, действительно стекающие по поверхности земли осадки могут сравнительно быстро дойти до того или иного не слишком удаленного створа, быстро создавая паводок той или иной формы, явно видимый, легко наблюдаемый, но быстро истощающийся.

Другие же части выпавших осадков могут поступать к тому же рассматриваемому месту (створу) гораздо позднее: через грунт, из болот, озер, водохранилищ, лесных массивов и т. п., и эти части осадков не всегда легко заметить на гидрографе. Нередко анализом динамики этих вод и их запасов исследователи и практики совсем не занимаются.

2. Для многих расчетов, а тем более для долгосрочных перспектив важно знать водные запасы, стекающие не только быстро, но и медленно, т. е. грунтовые воды, аккумуляцию воды в озерах, поймах и т. п.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Эта вторая сторона вопроса представляется обычно весьма сложной.

О грунтовых водах и о годовом стоке М. А. Великанов (1937, стр. 148—149) пишет следующее:

«Колебания запаса грунтовых вод для большинства бассейнов не так велики и член „u“ в уравнении баланса обычно меньше, чем остальные члены „x“, „y“ и „z“. Но тем не менее он не настолько мал, чтобы им возможно было пренебречь даже при самых грубых подсчетах. Естественно возникает вопрос о том, имеется ли какая-либо закономерная связь между членом „u“ и остальными слагаемыми баланса. Чтобы на него ответить, необходимо прежде всего выяснить физическую природу и происхождение изменения уровня грунтовых вод. Конечно, важнейшую роль тут играют атмосферные осадки, но не данного только года, а и ряда предыдущих лет, так как „время добегания“ подземного стока весьма велико и для различных частей бассейна определяется различными же периодами: от недель и месяцев до многих лет. Размеры и форма поверхности бассейна, густота речной сети, характер напластования проницаемых пород и пр. — все это играет роль в распределении площадей по временам добегания подземного стока. А если к этому добавить, что в бассейнах не очень малых и распределение осадков по площади за годичный период имеет довольно случайный характер и что испарение с разных частей бассейна в зависимости от различия температуры, влажности, ветров и т. д. тоже весьма различно, то станет очевидным, что учесть хотя бы приближенно характер и размеры накопления влаги в разных частях бассейна на основании одних метеорологических данных не представляется возможным. Были сделаны попытки найти связь между изменением запаса влаги за данный год с количеством осадков за один, два, три и т. д. предыдущих годов, но эти попытки оказались совершенно безуспешными. Непосредственное измерение изменения запасов грунтовых вод может быть осуществлено в большинстве случаев путем наблюдения над уровнем воды в колодцах; но такое измерение даст нам лишь определенное значение „u“ для данного года, которое мы не можем ввести в наши расчеты, поскольку связь между этой величиной и метеорологическими данными остается для нас неизвестной.

«Все это приводит к заключению, что на величину „u“ мы должны смотреть как на случайную в том смысле, в каком мы вообще говорим о случайных явлениях в мире, где все подчинено строгим физическим законам; случайным явлением называется то, которое зависит от совокупности очень большого числа факторов, из коих каждый, взятый в отдельности, оказывает на данное явление относительно малое влияние.

«Поскольку величина „u“ оказывается случайной, то то же самое мы вынуждены признать и относительно величины „y“ — годового стока. Годовой сток изменяется из года в год в довольно больших пределах, причем, взяв цифры за довольно большой период времени, мы совершенно не в состоянии в чередовании этих цифр отметить какую-либо закономерность» (разрядка преимущественно моя, — *Ф. Б.*).

В другом труде (1940, стр. 118) М. А. Великанов, повторяя кратко то же самое, добавляет:

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

«В общем изменение запаса[1] за данный год представляется зависящим от столь многих факторов чисто случайного характера, что об установлении здесь какой-либо закономерности не может быть и речи» (разрядка моя, — *Ф. Б.*).

Еще спустя 8 лет, т. е. в 1948 г., М. А. Великанов пишет в «Гидрологии суши» (стр. 384): «...изменение запаса влаги в бассейне представляет собою величину, сложным образом зависящую от осадков и температуры предшествующих данному году лет. А так как совершенно ясно, что цифры стока находятся в непосредственной зависимости от изменения запасов грунтовых вод, то в означенном уравнении мы имеем по крайней мере две величины, которые могут значительно изменяться от года к году, и причины этого изменения столь многочисленны и столь мало доступны для анализа, что мы имеем все основания считать обе эти величины в значительной степени случайными. Эти соображения должны привести нас к мысли, что чередование годовых величин стока должно представлять собою ряд чисто случайный» (разрядка моя, — *Ф. Б.*).

Нам представляется положение дела в несколько ином свете и вот почему:

1) если нельзя решать подобные задачи совершенно точно, то их можно решать приближенно; в ряде случаев очень полезно знать хотя бы порядок тех или иных величин: расходов воды, уровней, глубин, запасов подземных вод и т. п.;

2) обилие влияющих переменных факторов хотя и кажется на первый взгляд непреодолимым затруднением, но многие факторы действуют в каждой данной обстановке постоянно, т. е. константным образом: состав земли в бассейне, распределение угодий, болот, озер, лесов и т. п.

Эти константные факторы, действующие в одном и том же направлении для данного конкретного бассейна, можно не изучать для ряда целей в деталях. Нужную же суммарную их роль можно выявить из укрупненных показателей. Например: 1) мы можем не знать, сколько рек находится в нашем водосборном бассейне, сколько озер, болот, лесов, пашен, лугов и их размеров, не знать состава и свойств грунтов, величин и особенностей испарения, транспирационной деятельности и т. д., но, зная ход уровней и связанных с ними расходов того или иного водоема в ряде пунктов, можно определить не только форму кривой паводка, но и степень распластывания его; отчасти на этом основаны прогнозы уровней и расходов воды по соответственным уровням; 2) не зная характеристик и подробностей бассейна, можно обнаружить степень отставания стока в изучаемом створе от осадков в бассейне по взаимному хронологическому сопоставлению величин осадков и стока; при этом обнаруживается обыкновенно ряд особенностей искомых явлений уже из первого внимательного обзора хорошо подобранных и разработанных материалов: во-первых, чем полнее и быстрее отражаются осадки на уровнях и расходах воды, тем меньше задерживается (аккумулируется) их в бассейне; во-вторых, чем меньше хронологическое соответствие между уровнями, расходами воды и вызывающими их осадками, тем более осложнена картина перемещения этих осадков к рассматриваемому створу. Эта осложненная в той или

[1] Речь идет о запасах грунтовых вод. — *Ф. Б.*

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

иной степени картина стекания атмосферных осадков в бассейне, или, как ее часто называют, «трансформация осадков», представляет предмет нижеприводимого изложения.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ

Представим себе следующий простой случай: пусть имеется водосборный бассейн во всем многообразии его природы, с одинаковым слоем равномерно выпавших жидких осадков. Пусть, далее, явление это происходит при температуре немного выше 0°, чтобы наше представление возможно меньше осложнялось влиянием испарения и вовсе не осложнялось особенностями стока из-за ледовых явлений в воде и грунте. Тогда эта равномерно выпавшая по всему бассейну вода начнет неравномерно стекать в доступных для нее направлениях: 1) по поверхности земли с разнообразными препятствиями по пути, 2) в грунте также с разнообразными препятствиями по пути. Мысленно проанализируем эти явления подробнее.

Стекание воды по поверхности земли. Движение по земле равномерно выпавшей из атмосферы воды, очевидно, будет происходить следующим образом:

1) смочив поверхность грунта и растительности, вода должна будет заполнить все неровности земли, а заполняя их,— просачиваться в грунт; некоторое количество ее задержится на траве, листве и т. п.;

2) когда та или иная неровность поверхности будет заполнена (разнообразные углубления, ямы, низины, канавы, болота и т. п.) и если в дальнейшем интенсивность осадков будет больше интенсивности их просачивания в грунт, то начнется переливание воды поверх этих углублений;

3) возникающие струйки после перелива воды через углубления будут течь во все более и более пониженные места, заполняя при этом соответствующую часть русла, в котором эта вода течет; на это заполнение русла потребуется также некоторое количество воды, которое вначале не попадает в изучаемое ниже место.

Объем пор грунта, объем русел, заполнение всех неровностей земли и т. п. — иногда это еще не все, что будет задерживать и замедлять сток. Часто причиной замедления стока являются озера, перехватывающие часть воды, искусственные бьефы у гидросооружений, особенно если они значительны по размерам, использование воды для орошения и пр.

Из сказанного ясно, что равномерно выпавшая из атмосферы вода будет задерживаться по пути и только часть ее сравнительно быстро попадет в ниже расположенный замыкающий створ, а остальная часть попадет с запозданием и тем бо́льшим, чем больше задерживающих условий по пути. Аналитически сток воды от осадков во времени мы можем представить какой-то кривой с ординатами, сначала вырастающими от нуля (или предыдущей величины) до какой-то максимальной величины, а затем убывающими до первоначального нулевого (или предыдущего) положения.

Просачивание и протекание воды в грунте. Вода, попавшая на землю и заполнившая ее неровности, начинает просачиваться вниз в самой земле и тем интенсивнее, чем более обезвожен в это время грунт и чем более этому благоприятствует структура грунта и его свойства. Течет же вода в грунте очень медленно,

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

в десятки, сотни и тысячи раз медленнее, чем по поверхности земли (табл. 1).

Таблица 1

Скорость движения воды в грунтах при уклоне (i), равном единице

(По Ф. П. Саваренскому и Т. П. Афанасьеву, 1946)

Грунты	Скорость движения воды	
	в сутки (в м)	в год (в км)
Трещиноватые скальные (в зависимости от трещиноватости) и закарстованные	200 и больше	73 и больше
Галечники чистые	Свыше 20	Свыше 7.3
Крупнозернистые пески	10—20	3.65—7.3
Среднезернистые пески	Менее 10	Менее 3.65
Мелкозернистые пески	До 1—3	До 0.37—1.10
Суглинки (в зависимости от пористости)	До 0.1	До 0.037

Кроме того, в грунте есть свои углубления и неровности, иначе говоря, свой аккумулирующий воду рельеф (например, выше водонепроницаемых пород) с разной проницаемостью грунтов для воды. Поэтому прежде чем заполнятся эти неровности, вода в подземном рельефе, как и на поверхности земли, некоторое время может не течь по наклонным пластам в продольном направлении. И лишь после соответствующего заполнения грунтов вода потечет при наличии уклона, заполняя встречающиеся по пути новые русла, т. е. расходуя свою часть на попутную грунтово-русловую аккумуляцию.

Таким образом, грунтовая вода, особенно движущаяся в условиях многочисленных задержек, не может скоро стечь и скоро обнаружиться в том или ином ниже расположенном замыкающем створе.

Интересно выяснить, сколько воды может поглотить грунт? Пусть грунт — песок. Известно, что 1 м^3 достаточно сухого песка может поглотить около 400 л воды (Огиевский, 1936), или 0.4 м^3, или слой воды в 400 мм. Значит, если бы за год выпадало 400 мм осадков и ничего из них не терялось на испарение, то слой сухого песка толщиной в 1 м способен поглотить, при интенсивном поступлении осадков из атмосферы,[1] всю эту воду без отдачи ее на сток, по крайней мере в ближайшее время после выпадения осадков. Но в удерживании влаги грунт может участвовать и бо́льшим слоем, нежели 1 м. Следовательно, временно задерживаться и перераспределяться в грунте могут весьма значительные объемы воды.

Ясно, что в других условиях и в других грунтах будут поглощаться и другие объемы воды, причем это поглощение и отдача воды на сток будут различным образом варьировать, в зависимости от свойств грунта, от условий выпадения атмосферной влаги и т. п. Приведенным выше примером мы показали, как велико может быть поглощение воды грунтом.

[1] Точнее, в условиях, когда поступление осадков из атмосферы на землю менее их просачивания в грунт или равно им.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

ФОРМУЛЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ЯВЛЕНИЙ

Формулы для анализа атмосферных осадков со своего водосбора

Приток воды к любому замыкающему створному сечению водосборного бассейна можно представить в следующем виде (рис. 1):

$$Y = a_1(X_1 - S_1) + a_2(X_2 - S_2) + \cdots + a_m(X_m - S_m), \qquad (1)$$

где Y — приток воды в рассматриваемое место за анализируемый промежуток времени; X_1 — атмосферные осадки, выпавшие в анализируе-

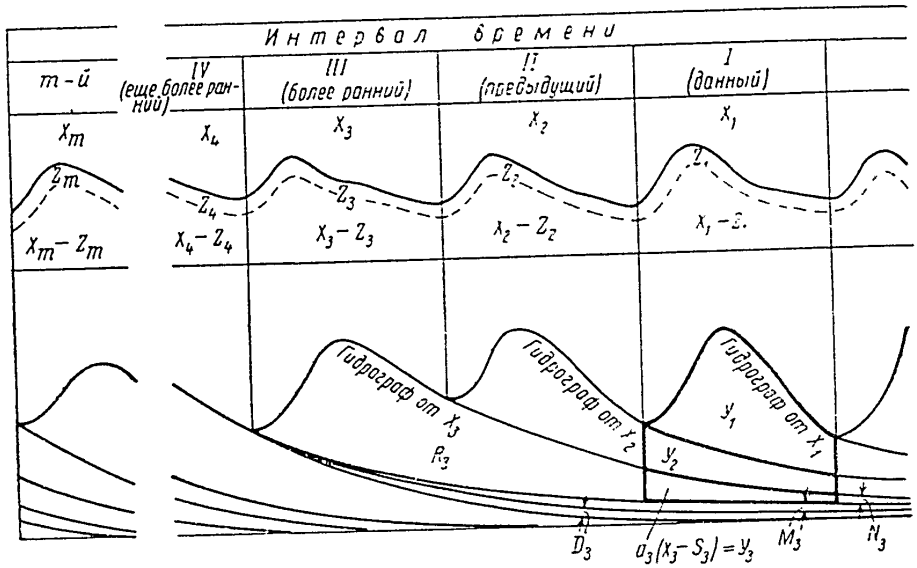


Рис. 1. Структура формулы (1) в графическом изображении. Пример учета осадков за три интервала времени в их влиянии на приток воды к данному створу в последнем по хронологии интервале времени. Расчетная формула для рассматриваемых трех интервалов времени:

$$Y = Y_1 + Y_2 + Y_3 = a_1(X_1 - S_1) + a_2(X_2 - S_2) + a_3(X_3 - S_3),$$
$$\text{где } S_1 = Z_1 + R_1 + D_1 + M_1 + N_1, \quad S_2 = Z_2 + R_2 + D_2 + M_2 + N_2,$$
$$S_3 = Z_3 + R_3 + D_3 + M_3 + N_3.$$

мый промежуток времени; X_2 — атмосферные осадки, выпавшие в предшествующий промежуток времени такой же длительности; X_m — атмосферные осадки, выпавшие в самый ранний (m-й) промежуток времени такой же длительности и еще оказывающие влияние на изучаемый приток воды; S_1, $S_2 \cdots S_m$ — те осадки из выпавших, которые не участвуют в данном притоке воды в рассматриваемое место в анализируемый промежуток времени: 1) испаряются до данного времени и в данное время (Z), 2) ушли и уходят подземными путями в другой водосбор (D), 3) прошли рассматриваемое место ранее анализируемого промежутка времени (R), 4) проходят мимо данного места или створа в рассматриваемое время — под руслом в грунте поймы или еще далее по створу и т. п. (M), 5) еще не дошли к рассматриваемому времени к данному месту (створу), или, иначе говоря, те, которые будут проходить данный

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

створ после рассматриваемого промежутка времени (N); a_1, $a_2 \cdots a_m$ — некоторые коэффициенты, равные единице в уравнении (1) при точном учете выпавших осадков (X) и тех частей их (S), которые не участвуют в рассматриваемом притоке воды (Y).

Эти коэффициенты будут меньше единицы, если не учитывать величины S в уравнении (1), иначе говоря, если пользоваться следующим уравнением (рис. 2):

$$Y = a_1X_1 + a_2X_2 + \cdots + a_mX_m. \tag{2}$$

Из приведенных выше обозначений к формуле (1) видно, что не участвующие в рассматриваемом притоке воды осадки можно представить в следующем общем виде:

$$S = Z + D + R + M + N, \tag{3}$$

где каждая из этих величин может играть то большую, то малую роль, в зависимости от фактически создающихся условий. Например $Z_1 + Z_2 + \ldots + Z_m$ могут быть относительно малы, если приток воды (Y) рассматривается за соответственно короткий промежуток времени (час, сутки и т. п.), а величины $R_1 + R_2 + \cdots + R_m$ и $N_1 + N_2 + \cdots + N_m$ и другие велики. Другими словами, соотношения между величинами Z, D, R, M, N численно меняются не однообразно, а различно в разное время и в неодинаковые промежутки его. Вследствие этого суммы убавляемых из осадков величин ($Z + D + R + M + N = S$) в формуле (1) будут сглаживать отображение атмосферных осадков (X) в возникающем из-за них притоке воды (Y) к тому или иному месту. И значит, сколь прерывными и скачкообразными ни будут атмосферные осадки, сток или приток воды от них будет гораздо более плавным в тех же единицах измерений (например, в мм слоя на площадь водосбора).

Таким образом, формулу (1) можно представить в еще более развернутом виде:

$$Y = a_1(X_1 - Z_1 - D_1 - R_1 - M_1 - N_1) + a_2(X_2 - Z_2 - D_2 - \\ - R_2 - M_2 - N_2) + \cdots + a_m(X_m - Z_m - D_m - R_m - M_m - N_m). \tag{4}$$

Все это мы рассматриваем лишь от влияния атмосферных осадков своего водосбора, не осложняя формул атмосферными осадками соседних или более отдаленных водосборов, если вода от них тем или иным путем попадает спустя соответствующее время в рассматриваемое нами место (створ).

Формулы для анализа атмосферных осадков со своего водосбора и поступления воды с «чужого» водосбора

Наиболее простой в излагаемом плане формулой может быть следующая по типу формулы (4):

$$\begin{aligned} Y = {} & a_1(X_1 - Z_1 - D_1 - R_1 - M_1 - N_1) + P_1 + \\ & + a_2(X_2 - Z_2 - D_2 - R_2 - M_2 - N_2) + P_2 + \\ & \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ & + a_m(X_m - Z_m - D_m - R_m - M_m - N_m) + P_m + \\ & + P_{m+1} + P_{m+2} + \ldots + P_{m+n}, \end{aligned} \tag{5}$$

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

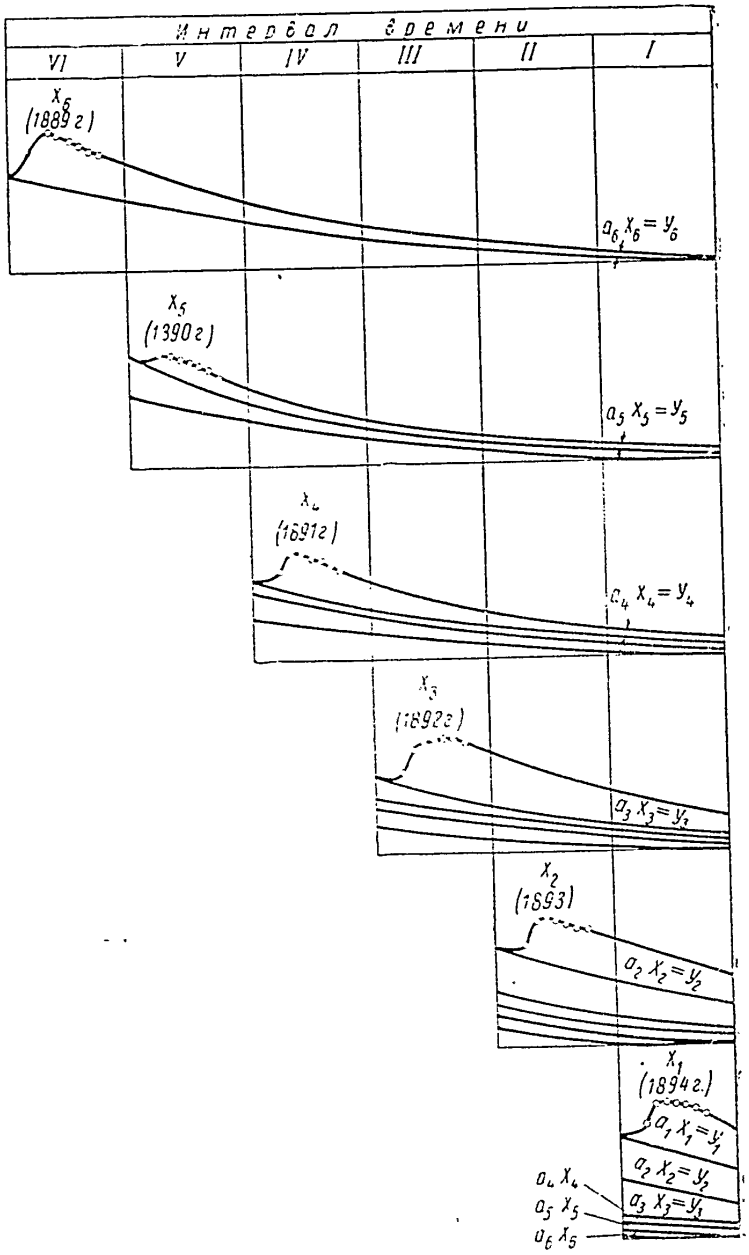


Рис. 2. Структура формулы (2) в графическом изображении. Расчетная формула для определения полного притока воды в первый интервал времени от осадков за пять интервалов времени:

$$Y = a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_4 + a_5X_5 + a_6X_6.$$

Пример, близкий к данным одного из реальных водоемов; *курсивом* здесь и в дальнейшем — действительно наблюденные величины.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

где $P_1, P_2 \ldots P_m$ — поступающие к рассматриваемому створу в данный промежуток времени соответствующие притоки воды с «чужих» соседних или отдаленных водосборов; $P_{m+1}, P_{m+2} \ldots P_{m+n}$ — поступающие к изучаемому створу притоки воды с «чужих» водосборов от осадков в этих «чужих» водосборах в еще более отдаленные времена, чем рассматриваемое время для влияющих осадков (X) своего водосбора. Так как в конечном итоге $P_1 + P_2 + \ldots + P_m + \ldots + P_{m+n}$ соответствующим образом суммируются сами в природе и изменяются плавно, то в приближенной оценке они нужны не обязательно по частям, а достаточно их знать в интегральном виде, и, заменив их общей буквой P, получим вместо формулы (5):

$$\begin{aligned} Y = {} & a_1 (X_1 - Z_1 - D_1 - R_1 - M_1 - N_1) + \\ & + a_2 (X_2 - Z_2 - D_2 - R_2 - M_2 - N_2) + \\ & \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ & + a_m (X_m - Z_m - D_m - R_m - M_m - N_m) + P. \end{aligned} \qquad (6)$$

Вид формул (4 и 5) будет с тем бо́льшим числом групп составляющих их характеристик a, X, Z, D, R, M, N, чем за более короткие интервалы времени рассматривается величина притока воды (Y) и чем медленнее поступает искомая вода к рассматриваемому месту. Так, например, при трехгодичном влиянии атмосферных осадков на рассматриваемый приток воды и при желании оценивать по формулам (4 и 5) ежедневный приток воды потребовалось бы оценить для каждого дня $365 \times 3 = 1095$ групп $a (X - Z - D - R - M - N)$, из которых каждая состоит из 7—8 характеристик того вида, как здесь написано, или более сложного характера (если стремиться рассмотреть эти характеристики, в свою очередь, как сложные).

Ввиду множества необходимых вычислений при следовании развернутым формулам, начинать исследование рассматриваемого вопроса с точного изучения всех составляющих уравнений (4—6) во многих случаях нецелесообразно. Оно относительно доступно лишь при очень малых сроках влияния атмосферных осадков. Гораздо более достижимо практически начинать анализ столь сложного явления с укрупненных характеристик, естественно, поступаясь при этом точностью в искомом ответе. Но точных решений в очень сложных природных явлениях редко удается достигать, и практика мирится с приближенностью ответов, если эти ответы уточняют прежние, более грубые представления или проливают новый свет на изучаемые явления.

Сокращенные формулы для практических расчетов

Представим в целях конкретности приведенный выше тип расчетной формулы (6) для одного, двух, трех и т. д. лет влияния атмосферных осадков на изучаемый приток воды. Тогда получим: 1) для одного года влияния атмосферных осадков —

$$Y = a_1 (X_1 - Z_1 - D_1 - R_1 - M_1 - N_1) + P_{\text{I}}, \qquad (7)$$

2) для двух лет влияния атмосферных осадков —

$$\begin{aligned} Y = {} & a_1 (X_1 - Z_1 - D_1 - R_1 - M_1 - N_1) + \\ & + a_2 (X_2 - Z_2 - D_2 - R_2 - M_2 - N_2) + P_{\text{II}}, \end{aligned} \qquad (8)$$

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

3) для трех лет влияния атмосферных осадков —

$$Y = a_1(X_1 - Z_1 - D_1 - R_1 - M_1 - N_1) + \\ + a_2(X_2 - Z_2 - D_2 - R_2 - M_2 - N_2) + \\ + a_3(X_3 - Z_3 - D_3 - R_3 - M_3 - N_3) + P_{III}. \quad (9)$$

По этому типу, естественно, можно составить уравнение и для любого числа лет влияния атмосферных осадков своего водосбора и поступления к рассматриваемому створу «чужой» воды.

Проанализируем теперь, как меняются величины Z, D, R и т. д. от одного года к другому.

Первое, что можно заметить, это то, что потери осадков на испарение (Z) велики в каждом данном году и часто практически отсутствуют в последующие годы. В таких условиях можно записать:

$$Z_1 = Z_2 = Z_3 = \ldots = Z_m. \quad (10)$$

Не участвующие же в рассматриваемом притоке воды осадки — D (переходящие в другой водосбор), R (прошедшие через данный створ раньше рассматриваемого времени), M (проходящие где-либо мимо рассматриваемого места или створа: под руслом, в грунте поймы и т. п.) и N (которым надлежит стекать после рассматриваемого отрезка времени) — могут меняться при этом в разном направлении даже при совершенно одинаковых выпадающих каждый год атмосферных осадках.

Рассматривая такую ситуацию (одинаковые осадки и одинаковое испарение каждый год), получаем:

$$\left.\begin{array}{l} X_1 = X_2 = X_3 = \ldots = X_m \\ Z_1 = Z_2 = Z_3 = \ldots = Z_m \\ R_1 \geqslant 0 \\ R_2 > R_1 \\ R_3 > R_2 \\ \ldots \\ R_n > R_{n-1} \\ N_1 > 0 \\ N_2 < N_1 \\ N_3 < N_2 \\ \ldots \\ N_m < N_{m-1}. \end{array}\right\} \quad (11)$$

Имея в виду, что сложение возрастающих со времени величин (R_1, $R_2 \ldots R_m$) с убывающими со временем численно близкими величинами (N_1, $N_2 \ldots N_m$) делает суммы таких величин более устойчивыми и что влияние факторов D и M в природных условиях иногда вовсе не наблюдается или очень мало́, можно представить формулы для рассматриваемых притоков воды по интервалам времени в один год в следующем виде: 1) для одного года влияния осадков —

$$Y = a_1(X_1 - Z_1 - \Sigma E_1) + P_I, \quad (12)$$

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

2) для двух лет влияния осадков —

$$Y = a_1(X_1 - Z_1 - \Sigma E_1) + a_2(X_2 - Z_2 - \Sigma E_2) + P_{II}, \quad (13)$$

3) для трех лет влияния осадков —

$$Y = a_1(X_1 - Z_1 - \Sigma E_1) + a_2(X_2 - Z_2 - \Sigma E_2) + a_3(X_3 - Z_3 - \Sigma E_3) + P_{III}. \quad (14)$$

Соответственно можно составить такого рода уравнения для любого числа лет (m).

Во всех этих уравнениях ΣE составляют:

$$\left.\begin{aligned} \Sigma E_1 &= D_1 + R_1 + M_1 + N_1 \\ \Sigma E_2 &= D_2 + R_2 + M_2 + N_2 \\ \Sigma E_3 &= D_3 + R_3 + M_3 + N_3 \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots \\ \Sigma E_m &= D_m + R_m + M_m + N_m. \end{aligned}\right\} \quad (15)$$

Обозначив, далее, величины $(-a\,\Sigma E + P)$ через $\pm q$ и считая входящими в величины $\pm q$ также и величины очень отдаленных «чужих» вод, получим: 1) для одного года влияния осадков —

$$Y = a_1(X_1 - Z_1) \pm q_I, \quad (16)$$

2) для двух лет влияния осадков —

$$Y = a_1(X_1 - Z_1) \pm q_1 + a_2(X_2 - Z_2) \pm q_{II}, \quad (17)$$

3) для трех лет влияния осадков —

$$Y = a_1(X_1 - Z_1) \pm q_I + a_2(X_2 - Z_2) \pm q_{II} + a_3(X_3 - Z_3) \pm q_{III} \quad (18)$$

и т. д.

В тех случаях, когда можно пренебрегать величинами $\pm q$ (отбрасывая их вовсе, если влияние их очень мало, или соответственно заменяя величину a коэффициентом b), получим: 1) для одного года влияния осадков —

$$Y = b_1(X_1 - Z_1), \quad (19)$$

2) для двух лет влияния осадков —

$$Y = b_1(X_1 - Z_1) + b_2(X_2 - Z_2), \quad (20)$$

3) для трех лет влияния осадков —

$$Y = b_1(X_1 - Z_1) + b_2(X_2 - Z_2) + b_3(X_3 - Z_3). \quad (21)$$

Опыт показывает, что типом этих приближенных формул можно пользоваться во многих практических случаях. Особенно легко их применять при допущении равенства годовых испарений, т. е. при

$$Z_1 = Z_2 = Z_3 = \ldots = Z_n = X_0. \quad (22)$$

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Тогда приближенными расчетными формулами будут: 1) для одного года влияния осадков —

$$Y = e_1 (X_1 - X_0) = e_1 X_1 - e_1 X_0, \tag{23}$$

2) для двух лет влияния осадков —

$$Y = e_1 X_1 + e_2 X_2 - (e_1 + e_2) X_0, \tag{24}$$

3) для трех лет влияния осадков —

$$Y = e_1 X_1 + e_2 X_2 + e_3 X_3 - (e_1 + e_2 + e_3) X_0 \tag{25}$$

и т. д.

В случае постоянства коэффициента e и постоянной величины испарения, например равной норме (X_0), соответственные величины eX_0 уравнений (23—25) обратятся в свободный член уравнения. Обозначив его через C, получим: 1) для одного года влияния осадков —

$$Y = e_1 X_1 - C_1, \tag{26}$$

2) для двух лет влияния осадков —

$$Y = e_1 X_1 + e_2 X_2 - C_2, \tag{27}$$

3) для трех лет влияния осадков —

$$Y = e_1 X_1 + e_2 X_2 + e_3 X_3 - C_3 \tag{28}$$

и т. д.

Это будут самые простые уравнения для приближенного анализа изучаемых явлений, которые способны тем не менее помочь раскрыть многие существенные особенности рассматриваемых явлений.

Преобразование одних расчетных формул в другие

Некоторые из приведенных выше формул относительно сложны, некоторые просты. Но даже и из простых формул не всегда легко избрать ту именно, которая более всего выгодна для данной цели. Поэтому иногда имеет смысл преобразовывать внешний вид формул.

Приведем несколько таких преобразований, не имея в виду исчерпать все возможные варианты.

Пусть почему-либо затруднительно определить численную величину свободного члена e в формулах (26—28). От него можно легко освободиться в правой части, перенеся его в левую и оперируя дальше с этой сдвоенной характеристикой. Тогда вместо формул (26—28) будут другие:

$$Y + C_1 = e_1 X_1, \tag{29}$$

$$Y + C_2 = e_1 X_1 + e_2 X_2, \tag{30}$$

$$Y + C_3 = e_1 X_1 + e_2 X_2 + e_3 X_3 \tag{31}$$

и т. д.

В приведенных уравнениях коэффициенты e_1, e_2, e_3 приведены такими, как они получены тем или иным путем ранее из анализа соответствую-

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

щих величин атмосферных осадков. Такие величины неоспоримы, раз они установлены из надлежащего анализа, но иногда трудно бывает найти эти цифры, особенно при большом числе искомых коэффициентов. В этих случаях выгодно иногда руководствоваться при выборе этих коэффициентов некоторыми правилами.

Одним из таких правил, которым мы пользовались неоднократно при анализе годовых осадков, может быть следующее: принимать путем соответствующего анализа методом последовательного приближения коэффициенты e_1, e_2, e_3 и т. д. такими, чтобы они давали в сумме единицу, т. е. не требовали вычисления новой нормы для преобразованных осадков. В этих условиях часто более удобно сравнивать преобразованные осадки с фактически выпавшими, графически нанося их на общехронологическую и высотную шкалу. Ход преобразованных осадков при этом наглядно показывает величины получающегося преобразования осадков и сдвиг их во времени, указывая тем самым на время добегания основных масс осадков к изучаемому створу. На этом же графике удобно поместить гидрограф притока (или стока) в одинаковом масштабе с выпавшими и преобразованными осадками.

Чтобы привести тип формул (26—31) к охарактеризованному виду с суммой коэффициентов $e_1+e_2+e_3+\ldots+e_m=1$, очевидно, надо помножить обе части уравнений на соответственно избранную величину i, определяемую уравнениями

$$i_1=\frac{1}{e_1}, \tag{32}$$

$$i_2=\frac{1}{e_1+e_2}, \tag{33}$$

$$i_3=\frac{1}{e_1+e_2+e_3} \tag{34}$$

и т. д.

В связи с этим внешний вид формул (26—31) несколько изменится и они станут следующими: 1) вместо формул (26—28) будут:

$$\frac{Y}{e_1}=X_1-\frac{C_1}{e_1}, \tag{35}$$

$$\frac{Y}{e_1+e_2}=\frac{e_1}{e_1+e_2}X_1+\frac{e_2}{e_1+e_2}X_2-\frac{C_2}{e_1+e_2}, \tag{36}$$

$$\frac{Y}{e_1+e_2+e_3}=\frac{e_1}{e_1+e_2+e_3}X_1+\frac{e_2}{e_1+e_2+e_3}X_2+$$

$$+\frac{e_3}{e_1+e_2+e_3}X_3-\frac{C_3}{e_1+e_2+e_3}; \tag{37}$$

2) вместо формул (29—31) будут:

$$\frac{Y+C_1}{e_1}=X_1, \tag{38}$$

$$\frac{Y+C_2}{e_1+e_2}=\frac{e_1}{e_1+e_2}X_1+\frac{e_2}{e_1+e_2}X_2, \tag{39}$$

$$\frac{Y+C_3}{e_1+e_2+e_3}=\frac{e_1}{e_1+e_2+e_3}X_1+\frac{e_2}{e_1+e_2+e_3}X_2+\frac{e_3}{e_1+e_2+e_3}X_3. \tag{40}$$

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Приведем в численном виде пример такого преобразования формул для одного из водоемов: 1) корреляцией с 4 переменными была получена расчетная формула

$$Y = 0.277X_1 + 0.322X_2 + 0.063X_3 - 141, \qquad (41)$$

2) при освобождении правой части от свободного члена вместо формулы (41) будет:

$$Y + 141 = 0.277X_1 + 0.322X_2 + 0.063X_3, \qquad (42)$$

3) при приведении суммы коэффициентов формулы (42) к единице получим:

$$\frac{Y + 141}{0.277 + 0.322 + 0.063} = 0.418X_1 + 0.486X_2 + 0.096X_3. \qquad (43)$$

Искомые притоки воды по всем этим характеристикам (рис. 3) получаются одинаковые, т. е. искомый результат от соответственно измененного вида формулы не изменился. Иначе говоря, каждый правильно полученный новый внешний вид формулы дает в таких условиях лишь численно новые величины на соответствующей исходной шкале, не меняя искомого результата по другой шкале.

В конкретных цифрах эти равные результаты в рассматриваемом примере получаются следующим образом. Пусть годовые атмосферные осадки были:

$$X_1 = 395 \text{ мм},$$
$$X_2 = 496 \text{ » },$$
$$X_3 = 552 \text{ » }.$$

Тогда получаем следующие исходные характеристики (аргументы): по формуле (41) —

$$Y = X_{ф.1} = 109 + 160 + 35 - 141 = 163,$$

по формуле (42) —

$$Y + 141 = X_{ф.2} = 109 + 160 + 35 = 304,$$

по формуле (43) —

$$\frac{Y + 141}{0.277 + 0.322 + 0.063} = X_{ф.3} = 165 + 242 + 53 = 460,$$

где через $X_{ф.}$ соответственно обозначена численно равная Y или функционально связанная с ним величина преобразованных осадков.

Применяя эти характеристики для расчетов по рис. 3, мы видим, что они дают одни и те же возможности для вычисления искомого притока воды (Y). Равным образом один и тот же ответ $Y = 163$ мм будет, если мы проведем по этому полю точек линию под углом 45°.

Какую бы мы не провели линию связи — одинаковую относительно распределения точек в поле графика, или одинаково очертили границы их, ответы будут по всем формулам одни и те же.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Таким образом, правильно измененный внешний вид формул может не искажать искомых результатов. Это позволяет в анализе данных и в практических расчетах пользоваться любым подходящим видом формул, хотя бы они внешне казались и разными относительно ожидаемого ответа.

Преобразование одних гидрологических характеристик в другие

Очень часто наблюдаются лишь уровни воды. Что же касается объемов воды, то они непосредственно замеряются обычно лишь в некоторых местах и в некоторые моменты времени. Преобладающее количество данных об объемах воды в водоемах получается вычислениями по кривым связей, которые не всегда надежны, особенно в зажорно-затóрное зимнее время, при деформируемом русле, при сезонных зарастаниях русла, в руслах с переменным подпором и т. п.

Так как всегда предпочтительны взаимосвязи между наблюденными величинами, а не между спорно вычисленными величинами с возможными серьезными ошибками, то для последующих оценок этих других величин необходимо иметь численные способы перехода.

Такой последовательностью работ достигается не только правильность устанавливаемых связей, но и выявляются иногда существенные ошибки в прежних расчетах того или иного явления. Нередко этим способом устанавливаются верные цифры там, где не существовало даже приближенного способа их определения.

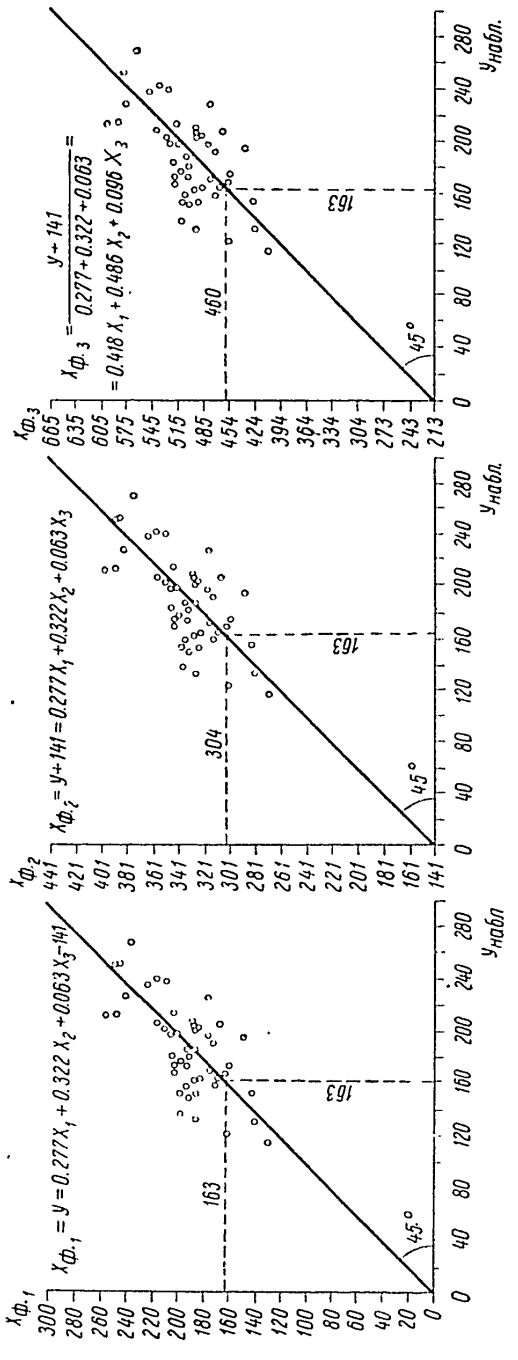


Рис. 3. Разный внешний вид формул, дающих одинаковые ответы по шкале Y наблюдений.

Понятно, изложенная последовательность работ является предпочтительной лишь в случаях, когда имеются соответствующие основания

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

опасаться серьезных просчетов в тех или иных величинах. Если таких оснований нет, можно сравнивать одни взаимно связанные характеристики с другими непосредственно.

Перейдем к определению некоторых таких взаимосвязей.

Переход от объемов воды к уровням. В о з е р а х эта связь имеет обычно очень простой характер: каждому уровню воды соответствует определенный объем ее. В общем виде это можно выразить следующей формулой:

$$W = H \cdot F \cdot \beta, \tag{44}$$

где W — искомый объем воды в озере, H — превышение уровня озера над исходным (начальным) уровнем, F — поверхность зеркала озера в исходном (начальном) положении, β — простой или сложный коэффициент, характеризующий изменение поверхности озера с высотой. Он равен единице или больше ее, в зависимости от характера изменения поверхности озера с высотой уровня воды.

В абсолютных или условных отметках или в превышениях над 0 поста вместо формулы (44) можно написать:

$$W_x = (H_x - H_{\text{исх.}}) \cdot F \cdot \beta, \tag{45}$$

где H_x — уровень озера, для которого определяется объем воды W_x (в абсолютных отметках, над 0 поста, в условных отметках и т. п.); $H_{\text{исх.}}$ — исходный (начальный) уровень озера в тех же единицах измерений и в той же системе отметок, что и H_x.

Таким образом, зная уровни озера, можно определить объемы воды в нем и наоборот: зная объемы воды в озере, можно определить соответствующие им уровни.

В р е к а х объем воды может меняться по более сложным соотношениям: 1) если русло реки не деформируется (не намывается и не размывается), связь $W = f(H)$ может напоминать вид формул (44, 45) иногда лишь с более сложным коэффициентом β; 2) если русло реки деформируется, получение удовлетворительной простой связи обычно затруднено и тем более, чем более деформируется русло в рассматриваемые промежутки времени. В практических целях часто мирятся с относительно небольшими погрешностями.

Соотношение уровней и объемов воды выявляется каждый раз непосредственным анализом. При этом бывают удовлетворительны формулы следующего типа:

$$H_x - H_{\text{исх.}} = H = \alpha \cdot Q^m, \tag{46}$$

$$H_x - H_{\text{исх.}} = \varphi \cdot W^n, \tag{47}$$

где показатели m и n могут быть равными единице и отличаться от нее.

Для истока одной из крупных рек, вытекающей из озера, этого рода соотношения имеют следующий вид:

$$H_x - H_{\text{исх.}} = H = 0.1 \cdot Q. \tag{48}$$

$$H_x - H_{\text{исх.}} = H = \frac{1}{2.63 \cdot 10^7} W_{\text{м.}}, \tag{49}$$

$$H_x - H_{\text{исх.}} = H \frac{1}{31.5 \cdot 10^7} W_{\text{г.}}, \tag{50}$$

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

где $H_{\text{исх.}} = 240$ см над 0 наблюдений, H_x и H — в см, Q — в м³/сек., $W_{\text{м.}}$ — объем вытекшей из озера воды в м³ за средний месяц в 30.4 суток, $W_{\text{г.}}$ — объем вытекшей из озера воды в м³ за средний год в 365.25 суток.

Переход от объемов воды (или уровней) к выработкам гидроэлектроэнергии. Эти взаимосвязи проще всего выявляются в свободном русле, т. е. в русле, существенно не нарушенном теми или иными сооружениями и мероприятиями. Другими словами, речь идет здесь о практически не перераспределяемой воде, о той воде, которая сразу же по поступлении в канал, водохранилище, бьеф используется гидромашинами, без значительного перераспределения воды искусственным ее регулированием.[1]

Важными исходными положениями при этом являются: 1) поступающий в соответствующее место объем воды — Q, $W_{\text{м.}}$, $W_{\text{г.}}$ и т. п.; 2) удельный объем воды (q) для получения 1 квт-ч.

Вид расчетных формул в связи с изложенным будет:

$$\Theta = \frac{Q \cdot T}{q}, \tag{51}$$

$$\Theta = \frac{W_{\text{м.}}}{q}, \tag{52}$$

$$\Theta = \frac{W_{\text{г.}}}{q}, \tag{53}$$

где Q, $W_{\text{м.}}$, $W_{\text{г.}}$ — рассматриваемый приток воды соответственно в м³/сек., м³/месяц, м³/год; T — рассматриваемый интервал времени в сек.; Θ — искомая выработка гидроэлектроэнергии в квт-ч за рассматриваемый интервал времени.

Ясно, что формулы типа (46, 47, 51—53) можно преобразовать для этих целей, соответственно рассматриваемому времени (T) или пропущенным через гидроэлектростанцию объемам воды, в следующие:

$$\Theta = \left(\frac{H_x - H_{\text{исх.}}}{\alpha}\right)^{\frac{1}{m}} \frac{T}{q} = \left(\frac{H}{\alpha}\right)^{\frac{1}{m}} \frac{T}{q}, \tag{54}$$

$$\Theta = \left(\frac{H_x - H_{\text{исх.}}}{\varphi}\right)^{\frac{1}{n}} \frac{1}{q} = \left(\frac{H}{\varphi}\right)^{\frac{1}{n}} \frac{1}{q}, \tag{55}$$

где $H_x - H_{\text{исх.}} = H$ является уровнем над избранной отметкой (например над 0 поста). Поэтому для рассматриваемого выше численного примера озерной реки, охарактеризованного формулой (48), получим, следуя формуле (51) и ее развитию:

$$\Theta_T = \left(\frac{H_x - H_{\text{исх.}}}{0.1}\right)\frac{T}{q} = \frac{H \cdot T \cdot 10}{q}, \tag{56}$$

$$\Theta_{\text{м.}} = \frac{(H_x - H_{\text{исх.}})\ 2.63 \cdot 10^7}{q} = \frac{H \cdot 2.63 \cdot 10^7}{q}, \tag{57}$$

$$\Theta_{\text{г.}} = \frac{(H_x - H_{\text{исх.}})\, 31.5 \cdot 10^7}{q} = \frac{H \cdot 31.5 \cdot 10^7}{q}, \tag{58}$$

[1] Этот вопрос также может быть разрешен, по ввиду некоторой сложности нужных дополнительных специализированных вычислений этой стороны дела мы здесь не касаемся.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

где $Э_T$, $Э_{м.}$, $Э_{г.}$ — выработка электроэнергии в квт-ч соответственно за T сек., месяц (30.4 суток) и год (365.25 суток), H_2, $H_{исх.}$, H — соответствующие уровни воды изучаемого водоема в см над избранной отметкой. Так как величина q в современной технике использования гидроэлектростанций имеет довольно определенные значения (в зависимости от конкретных условий использования водоема), то остановившись на той или иной схеме использования водоема, можно определить и значение q. Теоретически

$$q = \frac{Q \cdot 3600}{N} = \frac{Q \cdot 3600}{9.81 \cdot Q \cdot H_{э.} \cdot \eta} = \frac{367}{H_{э.} \cdot \eta}, \qquad (59)$$

где $H_{э.}$ — используемый напор воды в м, η — коэффициент полезного действия гидроэнергоустановки, N — мощность в квт гидроустановки, отнесенная к зажимам генераторов.

Таким образом, желая, например, иметь напор воды $H_{э.} = 10$ м и коэффициент полезного действия гидроустановки $\eta = 0.80$, получим для рассматриваемой озерной реки вместо формул (56—58) следующие:

$$Э_T = \frac{H \cdot T \cdot 10}{q} = \frac{H \cdot T \cdot 10 \cdot 10 \cdot 0.80}{367} = 0.218 \cdot H \cdot T, \qquad (60)$$

$$Э_{м.} = \frac{H \cdot 2.63 \cdot 10^7}{q} = \frac{H \cdot 2.63 \cdot 10^7 \cdot 10 \cdot 0.80}{367} = 0.574 \cdot 10^6 \cdot H, \qquad (61)$$

$$Э_{г.} = \frac{H \cdot 31.5 \cdot 10^7}{q} = \frac{H \cdot 31.5 \cdot 10^7 \cdot 10 \cdot 0.80}{367} = 6.88 \cdot 10^6 \cdot H. \qquad (62)$$

Время за месяц и год в формулах (61, 62) принято одинаковым для высокосных и невысокосных лет. Уточнения нетрудно делать, при надобности, соответствующими близкими к единице коэффициентами или подставив в формулы не средние величины, а свойственные каждому месяцу и году количества суток. Аналогичным образом можно установить и ряд других соотношений.

Переход от одних единиц притока или стока воды к другим

При переходах от величин атмосферных осадков к гидрологическим и иным взаимосвязанным величинам нередко требуется применять то один, то другие единицы измерений. Практический переход здесь не сложен, но в массовых вычислениях возможны «неожиданные» ошибки по тому или иному недосмотру. Чтобы избежать подобных недосмотров и в целях большей полноты при использовании методики преобразования атмосферных осадков, приведем некоторые наиболее часто встречающиеся соотношения.

Приток воды с водосборного бассейна. Здесь может быть несколько видов формул:

1) если анализируемые атмосферные осадки и приток воды измеряются в одних единицах, например толщиной слоя в миллиметрах, распространенной на весь водосбор, то

$$Y_{пр.} = \alpha X, \qquad (63)$$

где $Y_{пр.}$ — притекающий слой воды в мм от атмосферных осадков в водосборе, отнесенный к поверхности этого водосбора; X — выпавшие в водо-

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

сборе атмосферные осадки в мм, также отнесенные к поверхности этого водосбора; α — безразмерный коэффициент;

2) если атмосферные осадки и притоки воды выражены в мм на водосбор, как выше, и требуется определить приток воды в м³/сек., то соответственно формуле (63) получим:

$$Y_{\text{пр.}} = \alpha X = \frac{Q_{\text{пр.}} \cdot T}{\omega \cdot 10^3},$$

откуда

$$Q_{\text{пр.}} = \frac{\alpha \cdot X \cdot \omega \cdot 10^3}{T}, \tag{64}$$

где $Q_{\text{пр.}}$ — искомый приток воды в м³/сек. в рассматриваемое место, ω — поверхность водосбора в км², T — рассматриваемое время в сек., за которое определяется секундный приток воды, X — рассматриваемые выпавшие в водосборе атмосферные осадки в мм, переводимые в приток воды Q м³/сек., $Y_{\text{пр.}}$ — приток воды в мм на поверхность водосбора, α — указанный выше безразмерный коэффициент; за сутки, месяц, год соответствующий среднесекундный приток воды будет:

$$Q_{\text{пр.}} = \frac{\alpha \cdot X \cdot \omega}{86.4 \cdot n} = \frac{Y_{\text{пр.}} \cdot \omega}{86.4 \cdot n}, \tag{65}$$

где n — число рассматриваемых суток, в которые определяется средний за это время секундный приток воды $Q_{\text{пр}}$ м³/сек.;

3) если атмосферные осадки в мм со всей поверхности водосбора поступают в озеро и надо вычислить слой поступивших в озеро осадков в мм не на всю поверхность водосбора, а на всю площадь рассматриваемого озера, или в м³/сек, то приток во я соответственно формулам (63—65) будет:

$$Y_{\text{пр. оз.}} = \frac{\omega}{F} \cdot \alpha \cdot X, \tag{66}$$

$$Q_{\text{пр. оз.}} = \frac{\omega \cdot \alpha \cdot X \cdot 10^3}{T} = \frac{\omega \cdot Y_{\text{пр. в.}} \cdot 10^3}{T}, \tag{67}$$

$$Q_{\text{пр. оз.}} = \frac{\omega \cdot \alpha \cdot X}{84.6 \cdot n} = \frac{\omega \cdot Y_{\text{пр. в.}}}{84.6 \cdot n}, \tag{68}$$

где F — поверхность озера в км², ω — поверхность водосбора в км², $Y_{\text{пр. оз.}}$ — приток воды в слое на поверхность озера в мм, $Y_{\text{пр. в.}}$ — приток воды в слое на поверхность водосбора в мм.

Приток или сток воды в данном створе (месте) за то или иное время, переводимый в соответствующий приток или сток за то же время с поверхности водосбора. 1) При притоке или стоке воды, переводимом в миллиметровый слой по всей поверхности водосбора,

$$Y_{\text{пр. в.}} = \frac{Q \cdot T}{\omega \cdot 10^3}, \tag{69}$$

$$Y_{\text{пр. в.}} = \frac{86.4 \cdot Q \cdot n}{\omega}, \tag{70}$$

где $Y_{\text{пр. в.}}$ — приток воды в мм на поверхность всего водосбора в км², T — рассматриваемый интервал времени в сек., n — число рассматри-

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

ваемых суток, Q — рассматриваемый средний приток воды в м³/сек. за данный интервал времени (год, месяц и т. п.), ω — поверхность водосбора в км². 2) При притоке или стоке воды, переводимом в миллиметровый слой по поверхности озера (если вода притекает в это озеро или вытекает из него),

$$Y_{\text{оз.}} = \frac{Q \cdot T}{F \cdot 10^3}, \tag{71}$$

$$Y_{\text{оз.}} = \frac{86.4 \cdot Q \cdot n}{F}, \tag{72}$$

где $Y_{\text{оз.}}$ — приток воды в мм на поверхность озера, F — поверхность озера в км².

Приток воды, выраженный в виде модуля. Модулем (M) притока воды называется среднее за то или иное время количество притекающей в данное место воды в л/сек. с 1 км² поверхности водосбора. Численно

$$M = \frac{Q \cdot 10^3}{\omega}. \tag{73}$$

Годовой или средне-многолетний модуль стока ($M_{\text{г.}}$ в л/сек. с 1 км²), выраженный через слой годового притока или стока воды ($Y_{\text{г.}}$ в мм) по всей поверхности водосбора, составляет:

$$M_{\text{г.}} = \frac{Y_{\text{г.}}}{31.5}. \tag{74}$$

Следовательно, средний за год секундный приток воды, выраженный через годовой модуль ($M_{\text{г.}}$), будет:

$$Q_{\text{г.}} = \frac{M_{\text{г.}} \cdot \omega}{10^3}, \tag{75}$$

выраженный через слой годового притока или стока ($Y_{\text{г.}}$):

$$Q_{\text{г.}} = \frac{Y_{\text{г.}} \cdot \omega}{10^3 \cdot 31.5}. \tag{76}$$

Для месячных и иных интервалов времени будут соответственно свои коэффициенты перехода.

Приток воды в озеро и сток воды из него. Расчетные формулы в зависимости от времени, за которое рассматриваются приток, сток воды и изменение уровня озера, следующие:

$$Q_{\text{пр.}} = Q_{\text{ст.}} + h_s \cdot F \cdot 10^6, \tag{77}$$

$$W_{\text{пр.}} = W_{\text{ст.}} + h \cdot F \cdot 10^6, \tag{78}$$

где $Q_{\text{пр.}}$ — рассматриваемый приток воды в озеро в м³/сек., $Q_{\text{ст.}}$ — рассматриваемый сток воды из озера в м³/сек., h_s — происшедшее в этих условиях изменение уровня озера в м/сек. (со знаком +, если вода в озере прибывает, и со знаком —, если вода убывает), F — поверхность озера в км², $W_{\text{пр.}}$ — объем притекающей в озеро воды в м³ за более длительное время, чем секунда (год, месяц и т. п.), $W_{\text{ст.}}$ — объем

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

стекшей из озера воды в м³ за более длительное время, чем секунда (год, месяц и т. п.), h — происшедшее в этих условиях изменение уровня озера в м за тот же промежуток времени, что и $W_{пр.}$ и $W_{ст.}$.

Таким образом, при ежесуточном учете воды формула будет:

$$W_{пр.\,1} = W_{ст.\,1} + h_1 \cdot F \cdot 10^6, \qquad (79)$$

при ежемесячном учете воды:

$$W_{пр.\,м.} = W_{ст.\,м.} + h_{м.} \cdot F \cdot 10^6, \qquad (80)$$

при ежегодном учете воды:

$$W_{пр.\,г.} = W_{ст.\,г.} + h_{г.} \cdot F \cdot 10^6. \qquad (81)$$

Если учет приращений воды (h) ведется не в м, как выше, а в см (последнее практикуется чаще), то

$$W_{пр.\,1} = W_{ст.\,1} + h_{ст.\,1} \cdot F \cdot 10^8, \qquad (82)$$

$$W_{пр.\,м.} = W_{ст.\,м.} + h_{ст.\,м.} \cdot F \cdot 10^8, \qquad (83)$$

$$W_{пр.\,г.} = W_{ст.\,г.} + h_{ст.\,г.} \cdot F \cdot 10^8, \qquad (84)$$

где $W_{пр.\,1}$, $W_{пр.\,м.}$, $W_{пр.\,г.}$ — приток воды в м³ в озеро соответственно за сутки, месяц, год; $W_{ст.\,1}$, $W_{ст.\,м.}$, $W_{ст.\,г.}$ — сток воды в м³ из озера соответственно за сутки, месяц, год; $h_{ст.\,1}$, $h_{ст.\,м.}$, $h_{ст.\,г.}$ — изменение уровня воды в см соответственно за сутки, месяц, год.

Если надо оценить приток и сток воды не в м³, а в величинах слоя Y мм на весь водосбор (ω км²), то вместо формул (79—84) будет (соответственно деля на $\omega \cdot 10^6$ м² и приводя Y к мм на весь водосбор, т. е. увеличив результат на 10^3): 1) вместо формулы (79) будет

$$\frac{W_{пр.\,1} \cdot 10^3}{\omega \cdot 10^6} = \frac{W_{ст.\,1} \cdot 10^3}{\omega \cdot 10^6} + \frac{h_1 \cdot F \cdot 10^6 \cdot 10^3}{\omega \cdot 10^6}, \qquad (85)$$

или

$$\frac{W_{пр.\,1}}{\omega \cdot 10^3} = \frac{W_{ст.\,1}}{\omega \cdot 10^3} + \frac{h_1 \cdot F \cdot 10^3}{\omega}; \qquad (86)$$

но так как

$$\frac{W_{пр.\,1}}{\omega \cdot 10^3} = Y_{пр.},$$

а

$$\frac{W_{ст.\,1}}{\omega \cdot 10^3} = Y_{ст.},$$

то вместо формул (79 и 86) получим:

$$Y_{пр.\,1} = Y_{ст.\,1} + \frac{h_1 \cdot F \cdot 10^3}{\omega}; \qquad (87)$$

2) вместо формулы (80) —

$$Y_{пр.\,м.} = Y_{ст.\,м.} + \frac{h_{м.} \cdot F \cdot 10^3}{\omega}; \qquad (88)$$

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

3) вместо формулы (81) —

$$Y_{\text{пр. г.}} = Y_{\text{ст. г.}} + \frac{h_{\text{г.}} \cdot F \cdot 10^3}{\omega}, \qquad (89)$$

где $Y_{\text{пр. 1}}$, $Y_{\text{пр. м.}}$, $Y_{\text{пр. г.}}$ — приток воды в мм слоем на весь водосбор соответственно за сутки, месяц, год; $Y_{\text{ст. 1}}$, $Y_{\text{ст. м.}}$, $Y_{\text{ст. г.}}$ — сток воды в мм слоем на весь водосбор соответственно за сутки, месяц, год; h_1, $h_{\text{м.}}$, $h_{\text{г.}}$ — изменение уровня озера в м соответственно за сутки, месяц, год.

При исчислении же изменений уровней озера не в м, а в см (как это обычно практикуется) получим: 4) вместо формулы (87) —

$$Y_{\text{пр. 1}} = Y_{\text{ст. 1}} + \frac{h_{\text{ст. 1}} \cdot F \cdot 10}{\omega}, \qquad (90)$$

5) вместо формулы (88) —

$$Y_{\text{пр. м.}} = Y_{\text{ст. м.}} + \frac{h_{\text{ст. м.}} \cdot F \cdot 10}{\omega}, \qquad (91)$$

6) вместо формулы (89) —

$$Y_{\text{пр. г.}} = Y_{\text{ст. г.}} + \frac{h_{\text{ст. г.}} \cdot F \cdot 10}{\omega}. \qquad (92)$$

Иногда приток воды в озеро, водохранилище и т. п. выражают в мм на ту или иную поверхность (водосбора, озера) а сток — в м³/сек., и наоборот: приток воды — в м³/сек., а сток — в мм на ту или иную поверхность. Особенно часто это встречается при пользовании разными изданиями.

Если пересчет всех данных такого рода в единые меры нецелесообразен (например для прикидок той или иной ожидаемой ситуации при тех или иных соображениях, для проверки тех или иных цифр, для предварительной оценки или анализа того или иного предложения и т. п.), тогда могут быть применены следующие формулы:

$$h_{\text{м.}} = \frac{Y_{\text{пр.}}\omega - 86.4 \cdot n \cdot Q_{\text{ст.}}}{F \cdot 10^3}, \qquad (93)$$

$$h_{\text{м.}} = \frac{86.4 \cdot n \cdot Q_{\text{пр.}} - Y_{\text{ст.}}\omega}{F \cdot 10^3}, \qquad (94)$$

где $h_{\text{м.}}$ — искомое изменение уровня озера в м; $Y_{\text{пр.}}$ — приток воды в озеро в мм на поверхность водосбора (ω в км²); $Y_{\text{ст.}}$ — сток воды из озера в мм на поверхность водосбора; $Q_{\text{пр.}}$ — приток воды в озеро в м³/сек.; $Q_{\text{ст.}}$ — сток воды из озера в м³/сек.; ω — поверхность водосборного бассейна в км², откуда поступает вода ($Y_{\text{пр.}}$) в рассматриваемое озеро; F — поверхность рассматриваемого озера в км², куда поступает рассматриваемый приток воды ($Y_{\text{пр.}}$ в мм, или Q в м³/сек.); n — число рассматриваемых суток.

Отметим, что во всех вышеприводимых формулах принимается используемый приток воды в озеро, а не действительно поступающий приток воды. Иными словами, это действительный приток воды в озеро за вычетом из него испарения воды в озере и других возможных потерь (уход из озера воды подземным путем

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

мимо рассматриваемого створа, где вычисляется сток воды из озера, и т. п.).

Для озер, не имеющих стока воды, в вышеприведенных формулах (77—94) надо исключить соответствующий член стока как равный нулю, отчего уравнения принимают более простой вид.

Формулы для оценки изучаемых характеристик в отклонениях от нормы

Гидрологические и метеорологические характеристики иногда выгодно представлять как равные норме плюс соответствующая алгебраическая добавка. Считая, что нормальные метеорологические условия создают нормальные гидрологические явления, можно далее анализировать оба явления лишь в отклонениях изучаемых величин от нормы. В рассматриваемой задаче преобразования величин атмосферных осадков в гидрологические характеристики это иногда особенно выгодно, так как, исключая норму атмосферных осадков из наблюденной величины их, мы тем самым исключаем из этих осадков не только норму притока или стока воды, но и норму потерь осадков относительно изучаемой гидрологической величины. Для дальнейшего анализа, следовательно, остаются лишь те превышения величин осадков над нормой, которые дают превышение гидрологических характеристик над нормой. Их же анализировать в ряде случаев легче вследствие более рельефного отображения взаимосвязи между этими отклонениями, нежели между полными величинами тех и других явлений, маскируемых рядом переменных во времени обстоятельств: переменными осадками и испарением в разные дни и месяцы года, переменными притоками и стоками воды в сложной гидрометеорологической ситуации и т. п.

Именно пользуясь отклонениями анализируемых величин от нормы, удалось сравнительно просто и удовлетворительно в методическом и практическом отношениях раскрыть численную взаимосвязь, например, между ежемесячными уровнями озера и определяющими их ежемесячными атмосферными осадками (рис. 24).[1]

Перейдем к аналитическим выражениям некоторых таких характеристик в отклонениях от нормы.

Формулы с непосредственным влиянием атмосферных осадков на приток или сток воды. Из формул (26—28) имеем: 1) для одного года влияния на годовой приток атмосферных осадков —

$$\Delta Y = e_1 \Delta X_1, \tag{95}$$

2) для двух лет влияния осадков —

$$\Delta Y = e_1 \Delta X_1 + e_2 \Delta X_2, \tag{96}$$

3) для трех лет влияния осадков —

$$\Delta Y = e_1 \Delta X_1 + e_2 \Delta X_2 + e_3 \Delta X_3. \tag{97}$$

[1] Отметим, что в ряде случаев бывает выгодно исключать из анализа не нормы (средние многолетние величины), а числа, относительно близкие к ним, или осадки, дающие нулевой приток воды. Это не бесполезно делать также в тех случаях, когда почему-либо трудно выявить норму или она не характерна для той или иной задачи: при малом цикле наблюдений, при определении численных характеристик сложно формирующихся наводков и т. п. Особенно выгодно исключать осадки, дающие нулевой приток в зонах недостаточного увлажнения, и в отдельные периоды в зонах избыточного увлажнения (в сильно засушливые жаркие летние месяцы и т. п.).

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Ясно, что и более сложные формулы, например (4), можно представить в такого рода отклонениях от нормы.

Формулы, выражающие отклонения ΔY, Δh, ΔQ от нормы через отклонения от нормы взаимосвязанных других характеристик. Из формулы (65) следует:

$$\Delta Q_{\text{пр.}} = \frac{\Delta Y_{\text{пр.}} \cdot \omega}{86.4 \cdot n}, \tag{98}$$

где $\Delta Q_{\text{пр.}}$ — отклонение от нормы притока воды в озеро в м³/сек., $\Delta Y_{\text{пр.}}$ — отклонение от нормы притока воды в озеро в мм на поверхность водосбора ω км², ω — поверхность водосбора в км², n — число рассматриваемых суток.

При оценке отклонения уровня озера от нормы (Δh) получим: для бессточного озера —

$$\Delta h_{\text{б. оз.}} = \frac{\Delta Q_{\text{пр.}} \cdot 86.4 \cdot 10^3 \cdot n}{F \cdot 10^6} = \frac{86.4 \cdot \Delta Q_{\text{пр.}} \cdot n}{F \cdot 10^3}. \tag{99}$$

Заменяя $\Delta Q_{\text{пр.}}$ в формуле (99) через его выражение в формуле (98), получим:

$$\Delta h_{\text{б. оз.}} = \frac{86.4 \cdot n \cdot \Delta Y_{\text{пр.}} \cdot \omega}{86.4 \cdot n \cdot F \cdot 10^3} = \frac{\omega \cdot \Delta Y_{\text{пр.}}}{F \cdot 10^3}, \tag{100}$$

где $\Delta h_{\text{б. оз.}}$ — в м за n суток, $\Delta Q_{\text{пр.}}$ — в м³/сек. за n суток, $\Delta Y_{\text{пр.}}$ — в мм на водосбор за n суток, n — в сутках, ω и F — в км².

Подставляя в формулу (100) вместо $\Delta Y_{\text{пр.}}$ его значение из формул (95—97), получим: 1) для одного года влияния осадков —

$$\Delta h_{\text{б. оз.}} = \frac{e_1 \Delta X_1 \cdot \omega}{F \cdot 10^3}, \tag{101}$$

2) для двух лет влияния осадков —

$$\Delta h_{\text{б. оз}} = \frac{(e_1 \Delta X_1 + e_2 \Delta X_2)\, \omega}{F \cdot 10^3}, \tag{102}$$

3) для трех лет влияния осадков —

$$\Delta h_{\text{б. оз.}} = \frac{(e_1 \Delta X_1 + e_2 \Delta X_2 + e_3 \Delta X_3)\, \omega}{F \cdot 10^3}; \tag{103}$$

для сточного озера: —

$$\Delta h_{\text{ст. оз.}} = \frac{86.4 \cdot n}{F \cdot 10^3} (\Delta Q_{\text{пр.}} - \Delta Q_{\text{ст.}}), \tag{104}$$

или соответственно формуле (98) —

$$\Delta h_{\text{ст. оз.}} = \frac{86.4 \cdot n}{F \cdot 10^3} \left(\frac{\Delta Y_{\text{пр.}} \cdot \omega}{86.4 \cdot n} - \frac{\Delta Y_{\text{ст.}} \cdot \omega}{86.4 \cdot n} \right).$$

Сократив общие выражения, получим:

$$\Delta h_{\text{ст. оз.}} = \frac{\omega}{F \cdot 10^3} (\Delta Y_{\text{пр.}} - \Delta Y_{\text{ст.}}), \tag{105}$$

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

где $\Delta h_{\text{ст. оз.}}$ — отклонения в м от нормы уровня сточного озера, $\Delta Y_{\text{ст.}}$ — отклонения от нормы стока воды из него (в мм, на водосбор) за n суток.

Если одна величина имеется в мм на водосбор, а другая в м³/сек., то расчетными формулами будут:

$$\Delta h_{\text{ст. оз.}} = \frac{\omega \cdot \Delta Y_{\text{пр.}} - 86.4 \cdot \Delta Q_{\text{ст.}} \cdot n}{F \cdot 10^3}, \qquad (106)$$

или

$$\Delta h_{\text{ст. оз.}} = \frac{86.4 \cdot \Delta Q_{\text{пр.}} \cdot n - \omega \cdot \Delta Y_{\text{ст.}}}{F \cdot 10^3} \qquad (107)$$

Если подставить теперь значения $\Delta Y_{\text{пр.}}$ в последующие формулы, то получим:

из формул (95—98) для бесточного озера: 1) для одного года влияния осадков, пользуясь общим уравнением (98) —

$$\Delta Q_{\text{пр.}} = \frac{e_1 \Delta X_1 \cdot \omega}{86.4 \cdot n}, \qquad (108)$$

2) для двух лет влияния осадков —

$$\Delta Q_{\text{пр.}} = \frac{(e_1 \Delta X_1 + e_2 \Delta X_2)\,\omega}{86.4 \cdot n}, \qquad (109)$$

3) для трех лет влияния осадков —

$$\Delta Q_{\text{пр.}} = \frac{(e_1 \Delta X_1 + e_2 \Delta X_2 + e_3 \Delta X_3)\,\omega}{86.4 \cdot n}, \qquad (110)$$

другими словами, изменения величин притоков воды в мм, полученные соответственно формулам (95—97), надо помножить, для получения изменения притока воды в м³/сек., на величину $\frac{\omega}{86.4 \cdot n}$:

из формул (95—97 и 100) также для бесточного озера: 1) изменение в м уровня от нормы бесточного озера при одном годе влияния осадков —

$$\Delta h_{\text{б. оз.}} = \frac{e_1 \Delta X_1 \cdot \omega}{F \cdot 10^3}, \qquad (111)$$

2) для двух лет влияния осадков —

$$\Delta h_{\text{б. оз.}} = \frac{(e_1 \Delta X_1 + e_2 \Delta X_2)\,\omega}{F \cdot 10^3}, \qquad (112)$$

3) для трех лет влияния осадков —

$$\Delta h_{\text{б. оз.}} = \frac{(e_1 \Delta X_1 + e_2 \Delta X_2 + e_3 \Delta X_3)\,\omega}{F \cdot 10^3}; \qquad (113)$$

из формул (95—97 и 101), применяя их для сточного озера: 1) изменение в м уровня от нормы при одном годе влияния осадков —

$$\Delta h_{\text{ст. оз.}} = \frac{(e_1 \Delta X_1 - d_1 \Delta X_1)\,\omega}{F \cdot 10^3}, \qquad (114)$$

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

2) для двух лет влияния осадков —

$$\Delta h_{\text{ст. оз.}} = \frac{[(e_1\Delta X_1 + e_2\Delta X_2) - (d_1\Delta X_1 - d_2\Delta X_2)]\,\omega}{F \cdot 10^3}, \qquad (115)$$

3) для трех лет влияния осадков —

$$\Delta h_{\text{ст. оз.}} = \frac{[(e_1\Delta X_1 + e_2\Delta X_2 + e_3\Delta X_3) - (d_1\Delta X_1 + d_2\Delta X_2 + d_3\Delta X_3)]\,\omega}{F \cdot 10^3}, \qquad (116)$$

где e_1, e_2, e_3 — численные безразмерные коэффициенты для притока воды, d_1, d_2, d_3 — численные безразмерные коэффициенты для стока воды.

Приведя подобные члены в формулах (114—116), получим: 1) для одного года влияния осадков —

$$\Delta h_{\text{ст. оз.}} = \frac{(e_1 - d_1)\,\Delta X_1\omega}{F \cdot 10^3}, \qquad (117)$$

2) для двух лет влияния осадков —

$$\Delta h_{\text{ст. оз.}} = \frac{[(e_1 - d_1)\,\Delta X_1 + (e_2 - d_2)\,\Delta X_2]\,\omega}{F \cdot 10^3}, \qquad (118)$$

3) для трех лет влияния осадков —

$$\Delta h_{\text{ст. оз.}} = \frac{[(e_1 - d_1)\,\Delta X_1 + (e_2 - d_2)\,\Delta X_2 + (e_3 - d_3)\,\Delta X_3]\,\omega}{F \cdot 10^3}. \qquad (119)$$

При постоянных коэффициентах e_1, e_2, e_3 и d_1, d_2, d_3 разности их $e_1 - d_1$, $e_2 - d_2$, $e_3 - d_3$ также будут постоянными. Обозначив эти разности соответственно коэффициентами k_1, k_2, k_3, получим: 1) для одного года влияния осадков —

$$\Delta h_{\text{ст. оз.}} = \frac{k_1 \cdot \Delta X_1\omega}{F \cdot 10^3}, \qquad (120)$$

2) для двух лет влияния осадков —

$$\Delta h_{\text{ст. оз.}} = \frac{(k_1\Delta X_1 + k_2\Delta X_2)\,\omega}{F \cdot 10^3}, \qquad (121)$$

3) для трех лет влияния осадков —

$$\Delta h_{\text{ст. оз.}} = \frac{(k_1\Delta X_1 + k_2\Delta X_2 + k_3\Delta X_3)\,\omega}{F \cdot 10^3}. \qquad (122)$$

Отсюда видно, что вид формул (120—122) для приточно-сточного озера в отклонениях от нормы такой же, как и общих формул (2, 95—97) и многих других их производных для любого речного водоема; отличается он от них лишь численными величинами коэффициентов при X и для озер еще множителем $\frac{\omega}{F}$, увеличенным или уменьшенным в несколько раз $\left[\text{в } \frac{1}{10^3}\text{, как, например, в формулах (120—122) и др.}\right]$ соответственно принятой размерности анализируемых характеристик.

В связи с этим для каждого конкретного озера, для которого $\frac{\omega}{F}$ известно, формулы (120—122) приобретают следующий вид: 1) для одного года влияния осадков —

$$\Delta h_{\text{ст оз.}} = p_1\Delta X_1, \qquad (123)$$

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

где

$$p_1 = \frac{k_1 \cdot \omega}{F \cdot 10^3};$$

2) для двух лет влияния осадков —

$$\Delta h_{\text{ст. оз.}} = p_1 \Delta X_1 + p_2 \Delta X_2, \tag{124}$$

где

$$p_2 = \frac{k_2 \cdot \omega}{F \cdot 10^3};$$

3) для трех лет влияния осадков —

$$\Delta h_{\text{ст. оз.}} = p_1 \Delta X_1 + p_2 \Delta X_2 + p_3 \Delta X_3, \tag{125}$$

где

$$p_3 = \frac{k_3 \cdot \omega}{F \cdot 10^3}.$$

Для определения величин притоков воды в зависимости от атмосферных осадков, при обеих величинах в отклонениях от нормы, получим из формул (114—116): 1) для одного года влияния осадков —

$$e_1 \Delta X_1 \omega = d_1 \Delta X_1 \omega + \Delta h_{\text{ст. оз.}} \cdot F \cdot 10^3, \tag{126}$$

но так как

$$e_1 \Delta X_1 = \Delta Y_{\text{пр.}},$$

то

$$\Delta Y_{\text{пр.}}\, \omega = d_1 \Delta X_1 \omega + \Delta h_{\text{ст. оз.}} \cdot F \cdot 10^3 \tag{127}$$

или

$$\Delta Y_{\text{пр.}} = d_1 \Delta X_1 + \Delta h_{\text{ст. оз.}} \frac{F \cdot 10^3}{\omega}; \tag{128}$$

2) для двух лет влияния осадков соответственно формуле (115):

$$(e_1 \Delta X_1 + e_2 \Delta X_2)\, \omega = (d_1 \Delta X_1 + d_2 \Delta X_2)\, \omega + \Delta h_{\text{ст. оз.}} \cdot F \cdot 10^3 \tag{129}$$

или

$$\Delta Y_{\text{пр.}} = d_1 \Delta X_1 + d_2 \Delta X_2 + \frac{\Delta h_{\text{ст. оз.}} \cdot F \cdot 10^3}{\omega}; \tag{130}$$

3) для трех лет влияния осадков, следуя формуле (130) или исходя из формулы (116):

$$\Delta Y_{\text{пр.}} = d_1 \Delta X_1 + d_2 \Delta X_2 + d_3 \Delta X_3 + \frac{\Delta h_{\text{ст. оз.}} \cdot F \cdot 10^3}{\omega}. \tag{131}$$

В величинах ΔQ в м³/сек. приток воды будет: 1) для одного года влияния осадков —

$$\Delta Q_{\text{пр.}} = \frac{e_1 \Delta X_1 \omega \cdot 10^6}{10^3 \cdot 86400 \cdot n} = e_1 \Delta X_1 \omega \cdot \frac{1}{86.4 \cdot n};$$

умножив обе части формулы (126) на величину $\frac{1}{86.4 \cdot n}$, получим:

$$\Delta Q_{\text{пр.}} = \frac{d_1 \Delta X_1 \omega + \Delta h_{\text{ст. оз.}} \cdot F \cdot 10^3}{86.4 \cdot n}; \tag{132}$$

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

2) для двух лет влияния осадков, умножив обе части формулы (128) на $\frac{\omega}{86.4 \cdot n}$, получим —

$$\Delta Q_{\text{пр.}} = \frac{(d_1 \Delta X_1 + d_2 \Delta X_2)\,\omega + \Delta h_{\text{ст. оз.}} \cdot F \cdot 10^3}{86.4 \cdot n}; \qquad (133)$$

3) для трех лет влияния осадков, следуя типу формулы (133) —

$$\Delta Q_{\text{пр.}} = \frac{(d_1 \Delta X_1 + d_2 \Delta X_2 + d_3 \Delta X_3)\,\omega + \Delta h_{\text{ст. оз.}} \cdot F \cdot 10^3}{86.4 \cdot n}. \qquad (134)$$

Сток воды в величинах $\Delta Q_{\text{ст.}}$ м^3/сек. будет: 1) для одного года влияния осадков, меняя в формуле (132) $\frac{d_1 \Delta X_1 \omega}{86.4 \cdot n}$ на равную ему величину $\Delta Q_{\text{ст.}}$ и вводя вместо $\Delta Q_{\text{пр.}}$ равную ему величину $\frac{e_1 \Delta X_1 \omega}{86.4 \cdot n}$, получим —

$$\Delta Q_{\text{ст.}} = \frac{e_1 \Delta X_1 \omega - \Delta h_{\text{ст. оз.}} \cdot F \cdot 10^3}{86.4 \cdot n}, \qquad (135)$$

2) для двух лет влияния осадков, следуя формулам (133 и 135) —

$$\Delta Q_{\text{ст.}} = \frac{(e_1 \Delta X_1 + e_2 \Delta X_2)\,\omega - \Delta h_{\text{ст. оз.}} \cdot F \cdot 10^3}{86.4 \cdot n}, \qquad (136)$$

3) для трех лет влияния осадков, следуя типу формулы (136) —

$$\Delta Q_{\text{ст.}} = \frac{(e_1 \Delta X_1 + e_2 \Delta X_2 + e_3 \Delta X_3)\,\omega - \Delta h_{\text{ст. оз.}} \cdot F \cdot 10^3}{86.4 \cdot n}. \qquad (137)$$

Зная приведенные выше соотношения и имея зависимости (аналитические или графические) между вытекающей из озера водой ($\Delta Q_{\text{ст.}}$) и уровнем озера (ΔH) в отклонениях от нормы, можно определить и самые величины. Так, следуя формулам (46, 47), получим вместо формул (135—137): 1) для одного года влияния осадков —

$$\Delta H = \alpha \Delta Q^m$$

или

$$\Delta H = \alpha \left(\frac{e_1 \Delta X_1 \omega - \Delta h_{\text{ст. оз.}} \cdot F \cdot 10^3}{86.4 \cdot n} \right)^m, \qquad (138)$$

а при $m = 1$ —

$$\Delta H = \alpha \left(\frac{e_1 \Delta X_1 \omega - \Delta h_{\text{ст. оз.}} \cdot F \cdot 10^3}{86.4 \cdot n} \right); \qquad (139)$$

2) для двух лет влияния осадков —

$$\Delta H = \alpha \left[\frac{(e_1 \Delta X_1 + e_2 \Delta X_2)\,\omega - \Delta h_{\text{ст. оз.}} \cdot F \cdot 10^3}{86.4 \cdot n} \right]^m, \qquad (140)$$

а при $m = 1$ —

$$\Delta H = \alpha \left[\frac{(e_1 \Delta X_1 + e_2 \Delta X_2)\,\omega - \Delta h_{\text{ст. оз.}} \cdot F \cdot 10^3}{86.4 \cdot n} \right]; \qquad (141)$$

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

3) для трех лет влияния осадков —

$$\Delta H = \alpha \left[\frac{(e_1 \Delta X_1 + e_2 \Delta X_2 + e_3 \Delta X_3)\,\omega - \Delta h_{\text{ст. ов.}} \cdot F \cdot 10^3}{86.4 \cdot n} \right]^m, \qquad (142)$$

а при $m = 1$ —

$$\Delta H = \alpha \left[\frac{(e_1 \Delta X_1 + e_2 \Delta X_2 + e_3 \Delta X_3)\,\omega - \Delta h_{\text{ст. ов.}} \cdot F \cdot 10^3}{86.4 \cdot n} \right]. \qquad (143)$$

Обозначения в формулах (126—143) следующие: e — безразмерные коэффициенты, характеризующие доли притекающих в озеро осадков; d — то же, что и e, но характеризующие вытекающие из озера осадки; ΔX — выпавшие атмосферные осадки в отклонениях от нормы в мм на поверхность водосбора; ω — поверхность водосбора в км^2; $\Delta h_{\text{ст.}}$ — изменение уровня озера в м; F — поверхность озера в км^2; $\Delta Y_{\text{пр.}}$ — приток воды в озеро в отклонениях от нормы в мм на поверхность водосбора; $\Delta Y_{\text{ст.}}$ — сток воды из озера в отклонениях от нормы в мм на поверхность водосбора; $\Delta Q_{\text{пр.}}$ — приток воды в озеро в отклонениях от нормы в м^3/сек., средний за n суток; $\Delta Q_{\text{ст.}}$ — сток воды из озера в отклонениях от нормы в м^3/сек., средний за n суток; n — рассматриваемое время в сутках; ΔH — уровень воды озера в отклонениях от нормы в м.

Ясно, что можно представить эти же характеристики и в иных измерениях: $\Delta h_{\text{ст. ов.}}$ — не в м, а в см; ΔX иметь во всех видах формул не на поверхность водосбора, а приведенными к поверхности озера, или приводя [в те и другие характеристики так, как они наблюдены на месте (в числах, непосредственно наблюденных на озере и на водосборе).

ПУТИ И МЕТОДЫ ЧИСЛЕННОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВЕЛИЧИН АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Подход к изучению вопроса

Можно по-разному подойти к практической реализации теоретических схем: 1) применить математический анализ, 2) применить графический анализ; 3) сочетать оба пути.

Далее, встает вопрос, какие объекты подвергать анализу, чтобы ясны были особенности и преимущество предлагаемого метода изучения вопроса.

Представляет интерес поэтому исследовать предлагаемым методом водоем, у которого закономерной количественной связи между атмосферными осадками и гидрологическими явлениями, например уровнями (объемами) водоема, до сих пор выявить не удалось. Естественно, что уровни водоема мы рассматриваем при этом как функцию объемов воды. Непосредственные же сопоставления величин атмосферных осадков с величинами уровней имеют то очень важное достоинство, что и те и другие величины являются реально наблюденными, тогда как ненадежно вычисляемые некоторые характеристики могут не облегчать, а осложнять анализ.

С этой целью мы избрали озеро, в которое впадают и большие и малые реки. Уровни изучаемого озера и реки, из него вытекающей, обладают плавным ходом даже тогда, когда атмосферные осадки

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

меняются очень резко. Исследователи, изучавшие вопрос о влиянии атмосферных осадков на режим уровней этого озера и реки, приходили к выводу, что закономерностей здесь не получается. Даже озера меньших размеров давали неутешительные результаты.

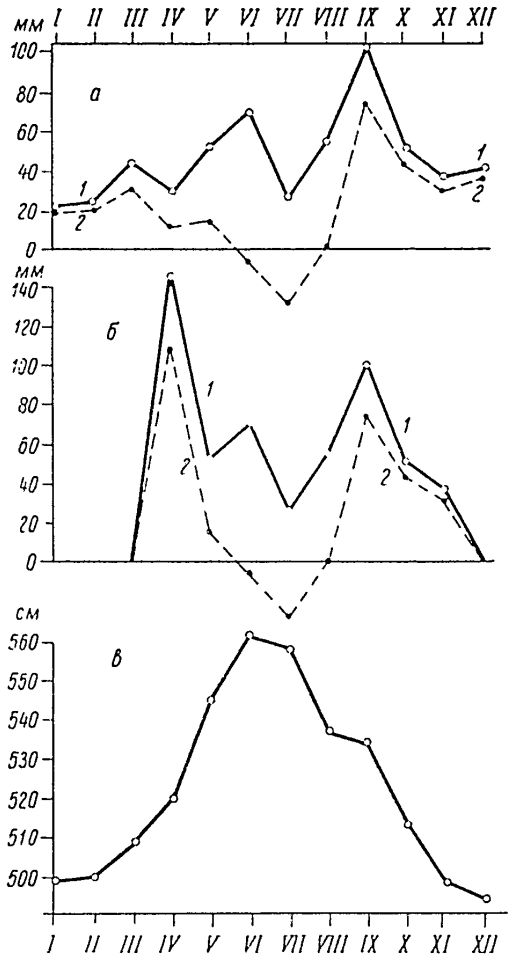


Рис. 4. Один из примеров хронологического несоответствия между наблюденными уровнями и осадками (1912 г.).

а — осадки ежемесячные (январь—декабрь); *б* — осадки зимне-весенние (декабрь—апрель) и дальнейшие ежемесячные: *1* — наблюденные, *2* — за вычетом испарения; *в* — наблюденные уровни воды.

Действительно, из изображенного на рис. 4 хронологического хода рассматриваемых характеристик явлений видно, что самые высокие уровни наблюдены при очень малых осадках, средние уровни — при больших осадках и, на какое бы одинаковое время не сдвигать изображенные на графиках уровни по отношению к осадкам, закономерности в их последовательном ходе не получается. Не улучшится соответствие, если исключить из осадков испарение (рис. 5).

В чем же дело? Почему явно не видно здесь закономерного влияния осадков на уровни, тогда как всем известна и не может быть отвергнута реальность этого явления? Очевидно, суть заключается в том, что связь эта не так проста, как ее стремились объяснять. Она осложнена влияниями где-то существенно задерживающихся, запаздывающих в стоке осадков. Если соответствующим образом это учесть, должно получиться и улучшение искомых соотношений.

Но каков должен быть способ этого учета?

Практический путь преобразования годовых величин атмосферных осадков в водосборе в среднегодовые величины уровней рассматриваемого озера

Пусть рассматриваемые уровни и осадки являются такими, как они изображены на рис. 6 (один из реальных водоемов). Из этого рисунка видно, что: 1) осадки изменяются более резко, чем уровни; 2) максимумы и минимумы уровней сдвинуты вправо по отношению к осадкам; 3) запоздание максимумов и минимумов уровней по отношению к максимумам и минимумам осадков определяется по этому графику чаще всего на величину около года.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Если поставить теперь вопрос: что надо сделать с осадками, чтобы привести их к виду, более напоминающему ход уровней, а значит и ход объемов воды, заполняющих озеро? Ясно, что надо учитывать

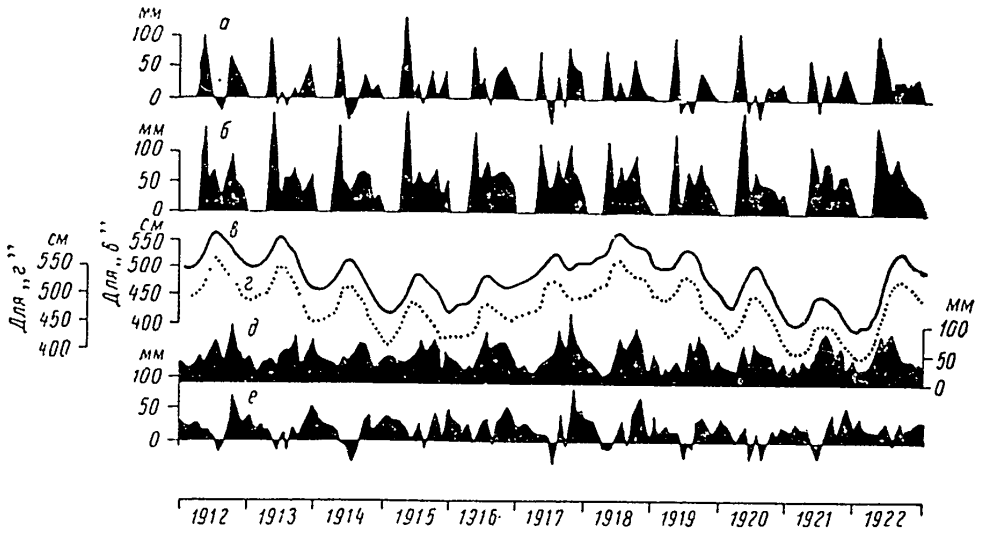


Рис. 5.

а — зимне-весенние осадки (XII—IV) и ежемесячные летние и осенние с вычетом испарения по П. С. Кузину; *б* — то же, но без учета испарения; *в* — наблюденные уровни анализируемого озера (среднемесячные); *г* — вычисленные уровни анализируемого озера по преобразованным ежемесячным осадкам; *д* — ежемесячные осадки, как они наблюдены за каждый месяц; *е* — то же, но с вычетом испарения по П. С. Кузину.

осадки с разными долями их влияния на искомый уровень. Например: 1) в год анализа уровней влияние осадков считать не полным своим значением, а с некоторым коэффициентом меньше единицы; осадки

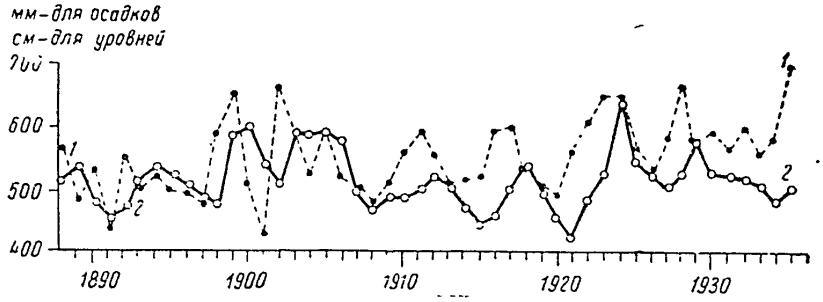


Рис. 6. Ежегодные атмосферные осадки в бассейне озера и уровни воды озера, как они наблюдены.

1 — осадки, *2* — уровни воды.

предыдущего года считать со своим коэффициентом влияния, меньшим единицы, и т. д., сводя постепенно влияние осадков предшествующих лет к нулю; 2) назначение или выбор этих коэффициентов может производиться двумя путями: а) последовательным подбором коэффициентов, добиваясь все лучшего и лучшего соответствия хода преобразованных осадков с ходом уровней; для этого надо задаваться тем или иным характером кривой влияния осадков на искомые уровни

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

(см. стр. 39 и 44); б) аналитическими вычислениями, например математической корреляцией, технически преодолеваемой обычно до трех переменных.

Мы проделали оба эти пути. В одних случаях решение быстро находится последовательным подбором, в других — аналитической корреляцией.

Иногда, однако, как и в случае оценки уровней рассматриваемого озера, оба пути сопряжены с трудностями технического порядка, вследствие того что удаляющийся от данного года конец («хвост») кривой влияния атмосферных осадков может уходить плавно, но с малыми значениями, очень далеко назад. Другими словами, на уровни данного года могут действовать осадки не 3—4, а 5—10 и более предшествующих лет, если поставить себе задачей возможно более точное решение вопроса. Для анализа среднегодовых уровней это еще не столь трудная техническая задача. При переходе же к анализу среднемесячных уровней или к еще более коротким интервалам времени коэффициентов влияния получается очень много (несколько десятков для каждого анализируемого месячного уровня). Вычислений при этом, естественно, приходится делать много. Значение же более отдаленных лет в отношении осадков мало́ и тем более уменьшается, чем далее мы удаляемся в расчетах от изучаемого года. Поэтому в практических целях приходится исключать эти малые коэффициенты влияния «хвостов», ограничиваясь в первом приближении лишь анализом атмосферных осадков ближайших годов.

Став в рассматриваемом примере на путь подбора коэффициентов влияния, можно далее решать задачу так: а) или искать такие коэффициенты влияния, чтобы осадки, умноженные на эти коэффициенты, давали возможно более точные величины с сопоставляемой гидрологической характеристикой; в уравнение тогда войдут свободный член и другие (простые или сложные) выражения; подбирать такие уравнения иногда очень трудно; б) или не стремиться к численно близкому аналитическому подбору гидрологической характеристики в виде сложной формулы, а заботиться о более просто достигаемой графической синхронизации обеих величин (осадков и гидрологической характеристики), изображая их в соответствующем масштабе; в этом случае полученное соотношение будет определять искомую гидрологическую характеристику не численно, а функционально.

Для выявления практически допустимых коэффициентов можно руководствоваться соответствующим правилом их подбора. Опыт произведенных исследований показывает, что подобным правилом может быть назначение этих коэффициентов за каждый год такими, чтобы сумма их для оценки годовых осадков составляла 1.00. Полученные преобразованные величины осадков удобно сравнивать с многолетней нормой.

Поясним эту мысль на примере. Пусть число лет влияния атмосферных осадков на анализируемое гидрологическое явление составляет 4 года. Тогда, следуя высказанной мысли, можно искать, например согласно формулам (29—43), следующие коэффициенты e:

$e_1 = 0.2$	или	0.4	или	0.50
$e_2 = 0.5$	»	0.3	»	0.30
$e_3 = 0.2$	»	0.2	»	0.15
$e_4 = 0.1$	»	0.1	»	0.05
Сумма $= 1.0$	или	1.0	или	1.00

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Те коэффициенты e, которые, будучи умноженными на величины осадков, дадут лучшую синхронизацию сравниваемых величин, и следует принять для дальнейших сопоставлений.

Изменения этих преобразованных осадков от года к году будут наилучшим образом характеризовать соответствующие изменения анализируемых гидрологических характеристик. Нулевое же, или исходное, положение гидрологической величины (приток воды, объем воды в озере, уровень и т. п.) может быть определено на графике, в системе координат, где определившееся направление полученной зависимости отсечет соответствующую величину атмосферных осадков для этого нулевого, или исходного, гидрологического состояния. Так как иллюстрация некоторых положений и выполнение вычислительных работ по изложенному пути в методическом отношении проще, чем пользование другими приемами, опишем этот путь подробнее.

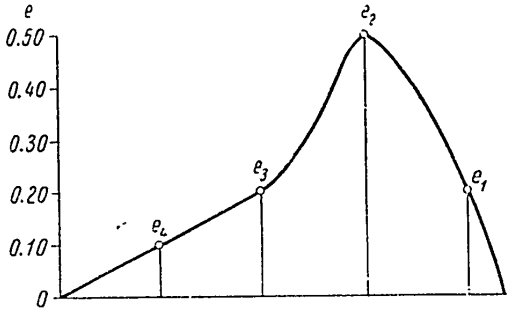


Рис. 7. Кривая распределения коэффициентов влияния годовых осадков(e) в бассейне анализируемого озера на среднегодовые уровни данного озера.

Пусть, отыскивая наилучшее решение изложенным путем, мы остановились на следующих коэффициентах e:

Для осадков анализируемого года (e_1)	0.2
» » предыдущего года (e_2)	0.5
» » более раннего года (e_3)	0.2
» » еще более раннего года (e_4)	0.1
Сумма	1.0

Кривая распределения этих коэффициентов влияния изображена на рис. 7.

Вычислив, согласно этим коэффициентам, преобразованные величины годовых осадков анализируемого бассейна и сопоставив их и наблюденные (непреобразованные) величины осадков со среднегодовыми уровнями изучаемого озера, получим (рис. 8): 1) ход наблюденных уровней не соответствует ходу наблюденных осадков (рис. 8, *а*), именно: пики и впадины уровней сдвинуты по отношению к пикам и впадинам осадков, осадки меняются резче, чем уровни; 2) ход преобразованных осадков и ход наблюденных уровней соответствуют друг другу (рис. 8, *б*): пики, впадины и переходные уровни располагаются симметрично, нет прежних резких скачков в осадках; 3) преобразованные осадки располагаются сначала на одной высоте с уровнями, а затем начинают расходиться (рис. 8, *б*) с тенденцией к последующему увеличению расхождения. Это увеличивающееся расхождение показывает, что влияние осадков на уровни озера менялось с течением времени и осадки позднейших периодов времени давали меньшие уровни, чем первоначального изучаемого периода. Таким образом, кроме преобразования осадков, надо ввести в рассмотрение еще и время (эпоху) их действия.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Сделать это можно двумя способами:

1) вести хронологический график поправок, т. е. учитывать ежегодные разницы между уровнями и осадками, пользуясь соотноше-

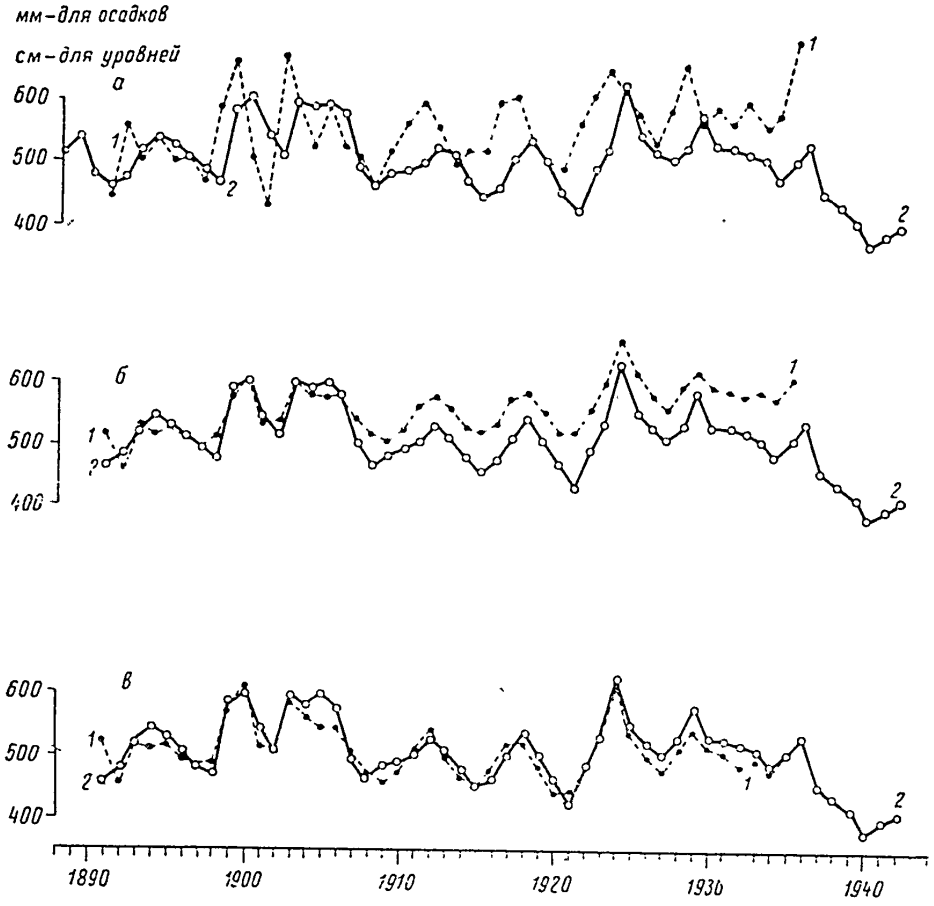


Рис. 8. Преобразование атмосферных осадков с учетом эпохи их действия.
1 — осадки: *а* — наблюденные, *б* — преобразованные, *в* — преобразованные с учетом эпохи их действия; *2* — уровни воды.

ниями между ними для начального периода и распространяя эти соотношения на все дальнейшее время; тогда разницы между уровнями озера, вычисленными по этим соотношениям и наблюденными фактически, и дадут искомые хронологические поправки (рис. 9).

2) сопоставить соотношения между преобразованными осадками и наблюденными уровнями в координатах, введя в поле графика третью переменную — время, или эпоху, действия осадков. Проведя на полученном графике семейство линий через каждые 10 лет (рис. 10), получим расчетную связь для непосредственного использования.

Каждый из этих способов имеет свои достоинства. Первый позволяет сразу видеть время (годы) и периоды резких изменений уровней озера. Зная это, можно искать причины, которые привели к обнаруженному расхождению: углубление реки, вытекающей из озера; задержание где-либо воды выше рассматриваемого озера и т. п. Второй способ позволяет видеть закономерность в изменяющемся

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

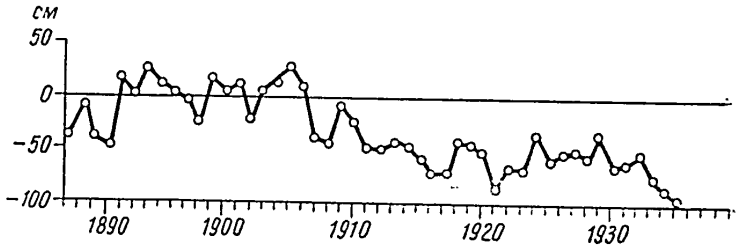


Рис. 9. График поправок уровней, показывающий, насколько современные уровни озера стали ниже по сравнению с прежними при тех же атмосферных осадках.

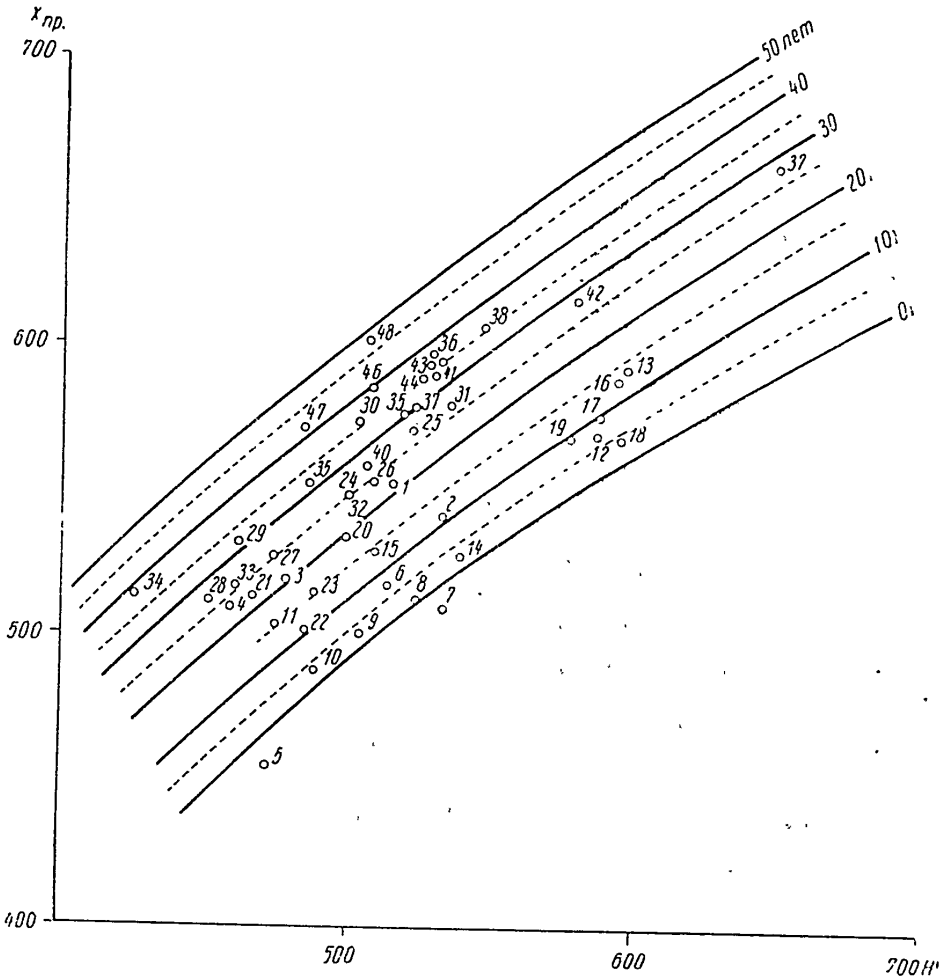


Рис. 10. Соотношения для расчетов среднегодовых уровней озера (H в превышениях над избранной отметкой) по преобразованным осадкам ($X_{пр.}$) с учетом эпохи их действия.

Арабские цифры у кружков — число лет от первого года (1888 г.) исчисления уровней; *пунктир* — промежуточные пятилетия.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

влиянии осадков бассейна на величины уровней озера с течением времени (рис. 10), чего в такой степени не видно на предыдущем хронологическом графике (рис. 9) одних лишь поправок в расхождениях уровней со временем.

Для целей, рассматриваемых в настоящей работе, где предпочитаются закономерности, представляет интерес остановиться на втором соотношении (рис. 10) и, пользуясь им, еще более упорядочить рис. 8. Для этого надо рис. 8, *б* исправить по рис. 10 на изменения во времени соответственно разной роли преобразованных осадков в разные эпохи их действия.

Сделав это, получим рис. 8, *в*, из которого видно, что теперь величины осадков и уровни становятся почти синхронными.

Непосредственные вычисления при преобразовании годовых величин атмосферных осадков в анализируемые величины среднегодовых уровней

Будем иллюстрировать это для того же примера большого озера, изобразив нужные данные в достаточно крупном масштабе (рис. 11).

Требуется преобразовать фактически выпавшие за каждый год осадки в такие новые их величины, чтобы ход их как можно ближе напоминал ход изучаемых уровней.

Если всмотреться внимательно в ход тех и других величин, то можно заметить: 1) уровни озера изменяются гораздо более плавно, чем величины осадков, выпавших в бассейне за одно и то же время; 2) резкие переломы в уровнях наступают, как правило, на год позднее резких переломов осадков. Поэтому простое смещение величин осадков по отношению к уровням, например на год вперед, может несколько исправить ход обоих явлений во времени, но это не устранит несоответствия в ходе самих величин: кривая осадков попрежнему будет изменяться резко, а уровней, являющихся следствием их, — плавно. Значит, дело не только в запоздании изменений уровней по отношению к осадкам; должны быть изменены еще и величины осадков.

Но об этом уже была речь. Осадки не могут попасть все сразу в изучаемый водоем. Только часть их, преимущественно стекающая по поверхности земли через ручейки и реки, скоро попадет в изучаемое озеро, например в том же месяце и году. Осадки же, просочившиеся в грунт и перемещающиеся там крайне медленно, не скоро попадут в это озеро. Перехватят часть воды выше расположенные озера и многочисленные неровности земли. В совокупности только часть осадков данного года попадет в данном году в озеро. Но зато в этом же году в озеро попадут задержавшиеся где-то осадки предыдущего года, еще более раннего года и возможно даже нескольких предшествующих лет в зависимости от степени зарегулированности вод бассейна.

Таким образом, уровни воды любого данного года могут складываться: 1) от части осадков данного года, 2) от части осадков предыдущего года, 3) от части осадков еще более раннего года, и т. д.

Рассматривая еще более внимательно данные рис. 11, можно заметить следующее.

1. Осадки в 1898 г. очень резко возросли, уровни же не поднялись, а даже упали. Значит, роль осадков данного года в их влиянии на уровень того же года мала, как и в годы 1902, 1916, 1921, 1927 и 1935.

Так как задачу выявления коэффициентов преобразования величины осадков, при числе лет влияния их больше 3, легче решать подбором

Уровни в превышении над избранной отметкой

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Выпавшие осадки	Преобразованные осадки	Преобразование осадков по приведенным коэффициентам	1-я строка	2-я строка	3-я строка	4-я строка	5-я строка	6-я строка
		0.2						
		0.5						
		0.2	92				140	70
		0.1	58				58	70
580								
460								
580			116			290	116	58
567	553	113	113	283	113	242	112	56
484	542	97	97	242	113	267	107	53
594	520	107	107	267	113	283	113	57
439	509	88	88	220	110	276	110	55
521	509	104	104	260	100	251	100	50
502	518	100	100	251	104	260	104	52
497	514	99	99	248	99	248	99	50
495	501	99	99	247	99	247	99	50
473	493	95	95	237	95	237	95	47
588	504	118	118	294	118	294	118	59
655	570	131	131	327	131	327	131	66
505	503	101	101	252	101	252	101	51
429	528	86	86	215	86	215	86	43
667	515	133	133	334	133	334	133	67
558	580	118	118	294	118	294	118	59
527	575	105	105	263	105	263	105	53
599	568	120	120	300	120	300	120	60
523	569	105	105	261	105	261	105	52
507	535	101	101	254	101	254	101	51
473	514	95	95	237	95	237	95	47
512	502	102	102	256	102	256	102	51
563	515	113	113	281	113	281	113	56
594	519	119	119	297	119	297	119	59
556	572	111	111	278	111	278	111	56
500	555	100	100	250	100	250	100	50
516	552	103	103	258	103	258	103	52
520	518	104	104	260	104	260	104	52
596	592	119	119	298	119	298	119	60
602	574	120	120	301	120	301	120	60
535	573	107	107	267	107	267	107	54
505	518	101	101	252	101	252	101	50
491	517	98	98	246	98	246	98	49
566	514	113	113	283	113	283	113	57
609	553	122	122	305	122	305	122	61
651	597	130	130	325	130	325	130	65
602	624	120	120	301	120	301	120	60
576	607	115	115	288	115	288	115	58
532	570	106	106	266	106	266	106	53
586	558	117	117	293	117	293	117	59
664	590	133	133	332	133	332	133	66
568	616	114	114	284	114	284	114	57
593	594	118	118	296	118	296	118	59
563	589	113	113	282	113	282	113	56
602	577	120	120	301	120	301	120	60
561	555	112	112	280	112	280	112	56
580	572	116	116	290	116	290	116	58
702	602	140	140	351	140	351	140	70

Рис. 11. Графо-аналитическое преобразование величин атмосферных осадков.

а — выпавшие осадки, б — преобразованные осадки, в — уровни воды. Поправки на время (эпоху) действия осадков здесь не введены, чтобы не осложнять чертеж и расчеты.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

с последующими уточнениями, то надо придать осадкам данного года какой-то удельный вес. Пусть это будет коэффициент 0.2.

2. Во всех случаях резкого изменения хода осадков (рис. 11) видно, что они оказывают основное свое влияние год спустя. Значит, удельный вес осадков предыдущего года должен быть больше веса какого-либо другого года, в том числе и больше 0.2. Пусть это будет коэффициент 0.5.

3. Поскольку влияние осадков предыдущего года является максимальным, то для более отдаленных лет мы должны убавлять коэффициенты влияния, что можно сделать с помощью рис. 12.

На нем изображены подобранные выше коэффициенты 0.2 для первого года влияния осадков и 0.5 для предыдущего года. Соединив обе полученные точки плавной линией, намечаем дальнейшую линию (пунктир), исходя из следующих соображений: а) коэффициент влияния 3-го года должен быть ниже коэффициента 2-го года; б) линия убывания коэффициентов должна быть плавной, соответственно кривой распластывания всяких наводков. По техническим причинам мы сводим вскоре к нулю эту кривую, чтобы излишне не осложнять вычисления, не оправдываемые искомыми практическими результатами.

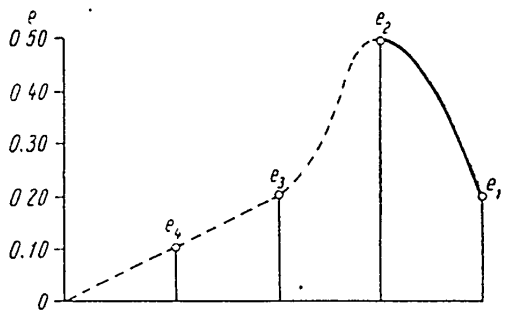


Рис. 12. Выбор коэффициентов влияния осадков (e) для различно удаленных лет от анализируемого (первого) года.

Теперь предстоит преобразовать согласно намеченным коэффициентам кривую хода фактически наблюденных осадков в искомую новую (преобразованную) кривую, чтобы иметь после этого лучшее ее следование ходу наблюденных уровней. Делать это можно также двумя путями: 1) в табличной форме, 2) в таблице, совмещенной с графиком. Второй вариант мы считаем более предпочтительным.

Следуя ему, выпишем в нижней части (рис. 11) выпавшие за каждый год осадки (1-я строка). В 3-й, 4-й, 5-й и 6-й строках выписываем осадки, перемноженные на соответствующие коэффициенты влияния (e). Складывая теперь необходимые цифры, получаем цифры 2-й строки.

Чтобы было еще более ясно, как это делать, приведем пример преобразования осадков для 1915 г. (цифры набраны жирным шрифтом).

Применяя указанные выше коэффициенты влияния, получаем следующие величины: по коэффициенту 0.2 данного года преобразованные осадки равны 104 мм, по коэффициенту 0.5 предыдущего года — 258 мм, по коэффициенту 0.2 более раннего года преобразованные осадки равны 100 мм, по коэффициенту 0.1 еще более раннего года — 56 мм. Таким образом, складывая данные величины, получим сумму, равную 518 мм (2-я строка). Эти 518 мм и являются преобразованными осадками для 1915 г. Так же заполнены и все другие строки рис. 11.

Как видно из всего вышеизложенного, здесь (рис. 11) применена следующая расчетная формула:

$$H_{\text{ср.}} = f(0.2X_1 + 0.5X_2 + 0.2X_3 + 0.1X_4), \qquad (144)$$

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

где f — символ функциональности, $H_{ср.}$ — искомый среднегодовой уровень озера в см, X_1, X_2, X_3, X_4 — известные годовые осадки в рассматриваемом водосборе в мм.

Перейдем к анализу полученных результатов.

Анализ преобразованных величин атмосферных осадков

Изобразим преобразованные осадки, т. е. данные 2-й строки рис. 11 за все годы, пунктиром и сопоставим их с выпавшими (непреобразованными) осадками и с наблюденными уровнями. Из этих сопоставлений видно: 1) кривая преобразованных осадков идет гораздо более сглаженно, чем фактически выпавших; 2) кривая преобразованных осадков хорошо следует ходу уровней, чего нельзя сказать в отношении осадков без преобразования; 3) замечается, что с некоторого времени возникает раздвиг между преобразованными осадками и наблюденными уровнями; 4) с течением времени раздвиг этот имеет тенденцию возрастать.

Относительно явлений, отмеченных в первых двух пунктах, можно сказать, что они являются следствием преобразования осадков.

Что же касается раздвига между уровнями и тенденции к возрастанию его, то можно высказать следующие предположения:

1) раздвиг является следствием углубления русла реки, забирающей воду из анализируемого озера; по этой причине уровни озера с течением времени и должны уменьшаться по отношению к осадкам;

2) раздвиг является следствием изменения с течением времени лица земли в анализируемом водосборном бассейне: осушаются болота, распахиваются луга и т. п.;

3) раздвиг является следствием обеих этих, а возможно и других причин, связанных с деятельностью человека (устройство искусственных бьефов, прорытие искусственных каналов, отводящих воды из бассейна анализируемого нами озера, и др.).

Мы отмечаем эти обстоятельства с той целью, чтобы показать, как новая методика анализа атмосферных осадков не только улучшает и развивает анализ, расчеты, прогнозы уровней и связанные с ними характеристики (расходы воды, притоки, глубины, выработки гидроэлектроэнергии и т. п.), но и позволяет глубже подойти к другим важным вопросам — влиянию человека на гидрологические процессы, причем за те периоды, когда ясных записей об этом, кроме уровней и осадков, не оставлено.

Кроме того, часто необязательно детально знать, от каких именно составляющих произошло то или иное явление, а важно знать главную причину, как в данном случае — роль человека.

В рассматриваемом примере, к счастью, обнаружилось очень благоприятствующее обстоятельство, позволяющее проверить одну из предположенных причин этого явления — углубление русла. «С 1902 года по 1908 год в истоке реки (берущей воду из анализируемого нами озера, — *Ф. Б.*) производились работы по расчистке фарватера, причем было за это время на протяжении 3230 саженей вынуто грунта 114 498 куб. саж.» (Цимбаленко, 1918).

Как распределялись эти расчистки по годам и как они влияли на вытекание воды из озера, нам выяснить не удалось.

Обращаясь же к рис. 11, видим, что уровни начинают заметно понижаться с 1907 г. по отношению к преобразованным осадкам,

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

т. е. как раз в тот именно период, в который по записям и сделаны были эти расчистки.

Таким образом, метод преобразования осадков позволил с пользой применять его и для ранее не предусматривавшегося явления в этом водоеме — систематического обмеления его при тех же атмосферных осадках.

Фактор времени (эпохи или эры действия осадков)[1]

Время в анализируемых явлениях важно или может быть важно по следующим обстоятельствам:

1) в течение его может существенно меняться внешний вид земли и ее особенности в водосборе: вырубаются леса, вспахиваются луга, осушаются болота, создаются новые растительные культуры, и т. п.;

2) меняются русла самих водоемов под влиянием динамики воды (размыв и намыв в русле, изменение формы и размеров живого сечения русла и т. п.) и искусственных мероприятий человека (постройка водохранилищ в русле, углубление русел для судоходства, направление воды в другие русла и т. п.);

3) в связи с изменением со временем характера водосбора и самих русел меняется в какой-то степени их влияние на метеорологические процессы в атмосфере, меняются испарение, сопротивления на путях движения циклонов и антициклонов и т. п.

Таким образом, с течением времени могут меняться не только гидрологические условия, но и метеорологические и связанные с этим величины осадков, температур воздуха, уровней воды и др. Все это может иметь важные последствия и должно возможно более тщательно анализироваться в соответствующих случаях.

В меру доступного, пользуясь лишь атмосферными осадками, временем (эпохой) их выпадения и уровнями воды рассматриваемого озера, мы проанализировали данные рис. 11 следующим образом:

1) нумеруем анализируемые годы по порядку начиная от первого года с преобразованными осадками (у нас это 1888 г.); таким образом, 1-й год будет 1888, 2-й — 1889, 3-й — 1890 и т. д.;

2) составляем таблицу наблюденных уровней и преобразованных осадков соответственно только что принятой нумерации;

3) строим в координатах график с 3 переменными: а) преобразованными осадками, б) наблюденными уровнями; в) числом истекших лет, прошедших от принятого начального года анализа (в нашем случае — с 1888 г.).

Это построение исполнено на рис. 10, где на оси ординат отложены преобразованные осадки, на оси абсцисс — искомые уровни.

На рис. 10 видно, что в разные эпохи действия осадков последние по-разному влияют на уровни анализируемого озера.

---

[1] Слова «эпоха» и «эра» не всегда могут подходить к рассматриваемым нами явлениям, не очень отдаленным по времени друг от друга, но они всегда напоминают о необходимости учитывать возможную разную роль атмосферных осадков в разное рассматриваемое время, особенно значительно удаленное друг от друга.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Если представить это явление в цифрах, то получим следующее:

1) годовые осадки 530 мм давали в первые годы исследований уровни 550 см; спустя 50 лет это же количество осадков дает уровни только 420 см; таким образом, озеро как бы мелеет в среднем по $\frac{550-420}{50}=2.6$ см в год;

2) годовое количество осадков 610 мм давало в первые годы исследований уровни 680 см, а спустя 50 лет — только 510 см, т. е. озеро мелеет в среднем за этот период по 3.4 см в год;

3) какие бы величины осадков мы не брали, все равно спустя некоторое число лет получаются все более и более низкие уровни.

Отсюда ясно, что озеро это мелеет (по отношению к осадкам) довольно интенсивно, в среднем около 3 см в год, или свыше метра за 40 — 50 лет.

Неудивительно поэтому, что в 1939—1940 гг. уровень этого озера при значительных осадках упал небывало низко, что привело ко многим неожиданным с точки зрения производственников осложнениям: в судоходстве, в питании водой ряда предприятий, в необычных сгонах воды и т. п.

Что же будет с озером спустя 100 и более лет после начальной даты анализа или еще позднее? Очевидно, оно может и далее мелеть, если не принять специальных мер к ослаблению или полному устранению этих явлений искусственным путем: 1) устройством плотины в реке, берущей воду из этого озера; 2) прекращением углублений русла (если первая мера не будет осуществлена).

Что лучше предпринять, когда и как это делать — вопросы не маловажные. Они должны быть поставлены в порядок дня, если серьезно заботиться об этом озере.

Возможно, что самым рациональным мероприятием было бы устройство на реке, вытекающей из озера, плотины с гидроэлектростанцией и шлюзом при ней.

Ниже излагается другой путь анализа обмеления озера со временем. Если привести преобразованные величины осадков и наблюденные уровни к приблизительно одинаковым величинам колебаний амплитуд на графике, то на нем будет видно, когда преобразованные осадки идут, практически не уклоняясь в сторону от уровней, и когда это уклонение становится явным и закономерным.

На рис. 8, *б* так и сделано: здесь для осадков и уровней так подобраны масштабы, что амплитуды этих характеристик приблизительно одинаковы. Смотря на чертеж, видим, что с 1891 по 1906 г. включительно осадки и уровни идут, в общем совпадая друг с другом, со свойственными этим явлениям и анализу их небольшими скачкообразными, преимущественно двусторонними отклонениями. Другими словами, в этот период не видно существенного раздвига между преобразованными осадками и уровнями, или расхождения были столь малы, что закономерных отклонений не заметно.

Начиная с 1907 г. и далее явно видны **постоянно** меньшие величины уровней, чем им следовало быть по преобразованным осадкам, причем заметна даже склонность увеличения этого раздвига с течением времени.

Изобразим эти данные отдельно в **разницах** между преобразованными величинами осадков и наблюденными уровнями (рис. 9), считая их **приведенными** к одинаковым по масштабу (эквивалентным) величинам (табл. 2).

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Анализируя данные табл. 2 и рис. 9, видим: 1) по 1907 г. включительно односторонних отклонений нет; 2) с 1907 г. отклонения стали явно односторонними и довольно большими.

Таблица 2

Разности между преобразованными величинами осадков и наблюденными уровнями в эквивалентных величинах (в см)

Десятки лет	Единицы лет									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1880	—	—	—	—	—	—	—	—	—39	—10
1890	—43	—51	17	—4	24	8	1	—6	—30	15
1900	3	10	—22	3	11	23	6	—42	—49	—12
1910	—28	—50	—51	—45	—49	—61	—71	—72	—44	—48
1920	—57	—89	—70	—70	—37	—62	—58	—53	—61	—38
1930	—67	—65	—59	—79	—89	—99	—	—	—	—

Имея в виду всевозможные различные влияния на эти отклонения, есть больше всего оснований считать главной причиной в данном случае расчистки русла, что зарегистрировано и в литературе.

Другой вариант анализа отклонений возможен в нашем случае при помощи рис. 10: 1) принимаем за базу в соотношениях между преобразованными осадками и наблюденными уровнями нулевую линию; 2) находим, какие были бы уровни по преобразованным осадкам, если бы эти соотношения с течением времени не менялись, т. е. берем их по нулевой линии; 3) вычисленные таким образом уровни сравниваем с фактически наблюденными и определяем между ними разницы; 4) полученные разницы (отклонения) между вычисленными уровнями и наблюденными анализируем соответственно выше изложенному.

Как нетрудно видеть, результаты здесь получатся приблизительно того же порядка, что и в предыдущем варианте. Поэтому мы эти расчеты здесь не повторяем. Можно отметить лишь, что в ряде случаев этот вариант может оказаться более удобным, чем вышеприведенный.

Резюмируя охарактеризованные исследования и выявленные ими изменения режима рассмотренного водоема с течением времени, можно считать:

1) фактор времени может играть серьезную роль и в теоретическом и в практическом значениях рассматриваемых вопросов;

2) предпочтительны несколько вариантов или путей анализа соотношений между преобразованными осадками и гидрологическими характеристиками (в данном случае уровнями), чтобы более уверенно выявить главную причину их систематических расхождений (если они получатся); несистематические отклонения могут быть оправданы приближенностью решения задачи на данном этапе овладения вопросом преобразования осадков, а не наличием какой-либо особой причины генетического порядка.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Переход от функциональной связи к непосредственной

Переход от функционально преобразованных величин осадков ($X_{ф.}$) в водосборе к уровню озера. Выше анализировалась следующая функционально выраженная формула (144):

$$H_{ср.} = f(0.2X_1 + 0.5X_2 + 0.2X_3 + 0.1X_4).$$

Обозначим для краткости

$$f(0.2X_1 + 0.5X_2 + 0.2X_3 + 0.1X_4) = X_{ф.}. \quad (145)$$

Далее надо иметь связь между

$$f(0.2X_1 + 0.5X_2 + 0.2X_3 + 0.1X_4) = X_{ф.}$$

и наблюденными величинами $H_{ср.}$ за каждый год. Она изображена для рассматриваемого озера по водомерному посту № 2 на рис. 13. Величина $H_{ср.}$ может быть выражена здесь следующей приближенной эмпирической формулой:

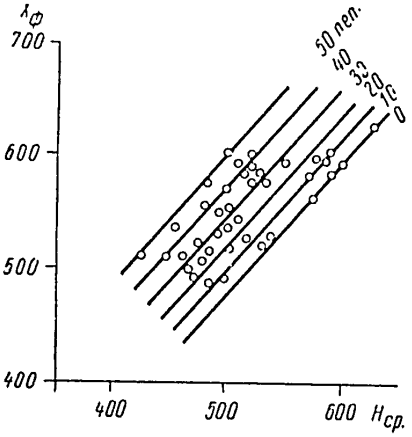


Рис. 13. Соотношения между наблюденными уровнями ($H_{ср.}$) и преобразованными осадками ($X_{ф.}$) с учетом времени (эпохи) выпадения осадков.

$$H_{ср.} = 0.80X_{ф.} - 2N + 120, \quad (146)$$

где N — число рассматриваемых лет от начального года, указывающее на систематическое, по 2 см в год, обмеление озера из-за отмеченного выше углубления истока воды из озера.

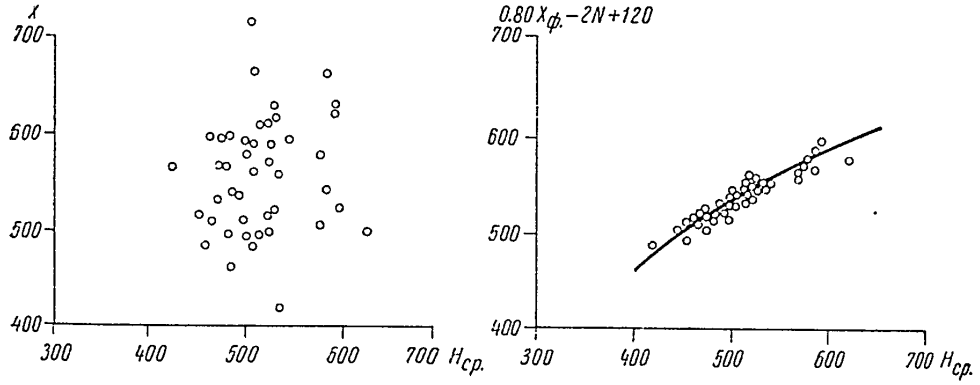


Рис. 14. Соотношения между наблюденными уровнями ($H_{ср.}$) и осадками, выпавшими (X) и функционально преобразованными ($X_{ф.}$).

Подставляя в формулу (146) вместо $X_{ф.}$ ее значение из формулы (145) получим:

$$H_{ср.} = 0.80(0.2X_1 + 0.5X_2 + 0.2X_3 + 0.1X_4) - 2N + 120 =$$
$$= 0.16X_1 + 0.40X_2 + 0.16X_3 + 0.08X_4 - 2N + 120 =$$
$$= 2(0.08X_1 + 0.20X_2 + 0.08X_3 + 0.04X_4 - N + 60). \quad (147)$$

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Итак, зная годовые осадки за каждый из 4 соседних годов (X_1, X_2, X_3 и X_4) и число лет (N) с начала анализа, получим среднегодовой уровень ($H_{ср.}$) для каждого года в принятых единицах исчисления

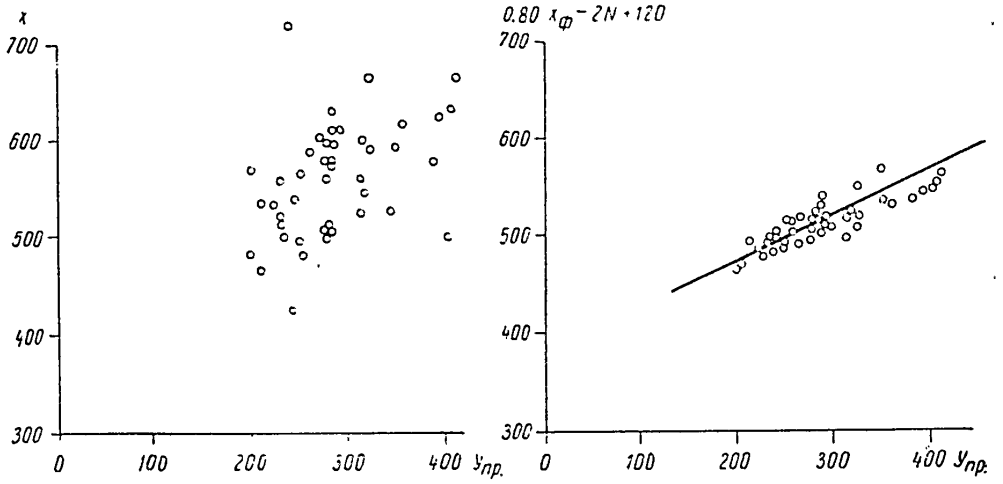


Рис. 15. Соотношения между притоком воды ($Y_{пр.}$) и осадками, выпавшими (X) и функционально преобразованными ($X_{ф.}$).

(в данном случае в см над принятой исходной отметкой). Результаты исчислений изображены на рис. 14, из которого видно, что закономерность выявилась: обычные осадки не дали никакой связи с уровнями,

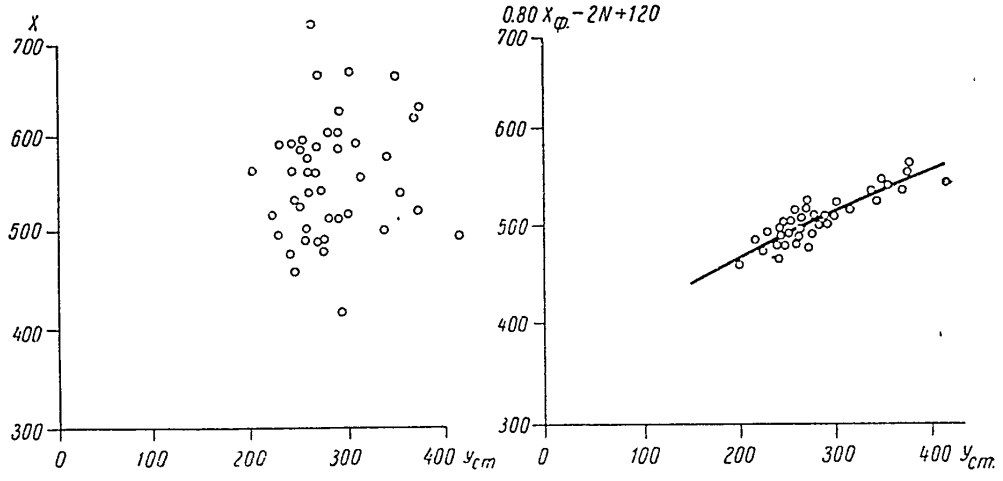


Рис. 16. Соотношения между стоком воды ($Y_{ст.}$) и осадками, выпавшими (X) и функционально преобразованными ($X_{ф.}$).

а преобразованные дали вполне удовлетворительные для практических целей соотношения.

Переход от функционально преобразованных величин осадков в водосборе к притокам воды в озеро. Выпавшие (непреобразованные), осадки дают сильно разбросанное поле точек,

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

по которому трудно провести линию взаимосвязи; преобразованные же осадки дают явно направленную линию взаимосвязи, которой можно пользоваться для практических вычислений (рис. 15).

Переход от функционально преобразованных величин осадков в водосборе к стоку воды из озера. Рассматриваемое озеро проточное. Связи между выпавшими годовыми осадками и стоком воды за год не получается; по преобразованным же величинам осадков взаимосвязь обнаружилась (рис. 16).

Естественно, что все графические связи (правые части рис. 14, 15, 16) можно представить аналитически, в виде формул.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА К ДРУГИМ ГИДРОЛОГИЧЕСКИМ ЯВЛЕНИЯМ

Выше было изложено преобразование атмосферных осадков для расчетов и прогнозов уровней озера. Главная причина выбора именно уровней заключалась в том, чтобы сравнивать не вычисленные каким

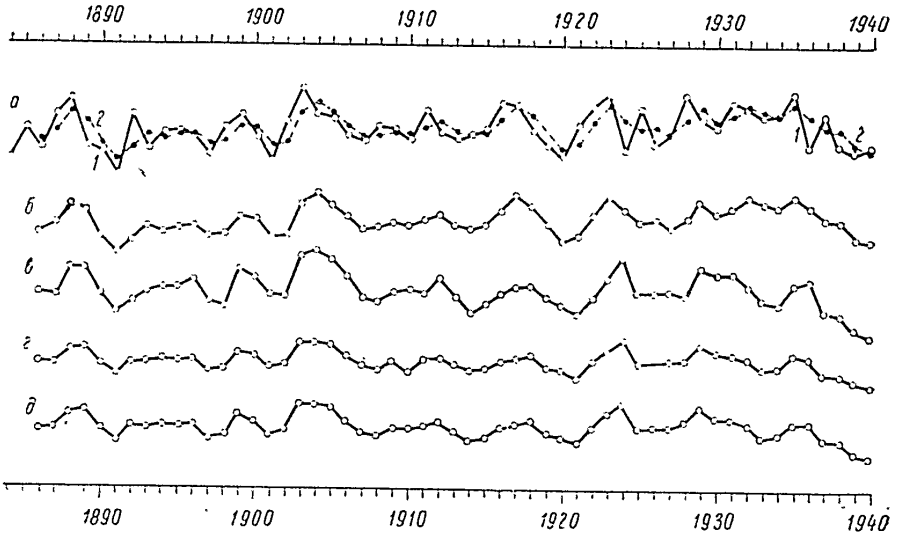


Рис. 17. Сопоставление величин выпавших и преобразованных атмосферных осадков с гидрологическими и гидроэнергетическими характеристиками. (Приняты следующие коэффициенты влияния осадков: $e_1 = 0.40$, $e_2 = 0.50$, $e_3 = 0.10$).

а — осадки: *1* — выпавшие, *2* — преобразованные; *б* — преобразованные осадки; *в* — уровни воды; *г* — расходы воды; *д* — выработки гидроэлектроэнергии.

либо путем величины (как, например, расходы воды и т. п.), а действительно наблюденные величины. Это имеет много преимуществ и достоинств, которых мы здесь описывать не будем.

Но так как уровни являются функцией объемов воды, то ясно, что рассмотренный метод преобразования величин осадков применим и к другим гидрологическим явлениям, к расчетам и прогнозам: 1) стока (расходов) воды, 2) притока воды, 3) глубин водоемов, 4) напоров воды у гидроэлектростанций (по крайней мере для ряда ГЭС), 5) выработок гидроэлектроэнергии (также для ряда ГЭС), 6) скоростей течения воды, и др.

В самом деле, везде, где эти явления и величины, их характеризующие, являются функциями атмосферных осадков, там применим весь

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

тот анализ материалов, который проделан выше для сопоставления с ходом уровней. Меняться будут лишь параметры, связывающие одну категорию характеристик с другой.

В виде примера на рис. 17 изображены преобразованные осадки одного водного бассейна в сопоставлении: 1) с уровнями озера в этом водосборе, 2) с расходами воды в 2 пунктах вдоль реки, вытекающей из этого озера, 3) с выработками гидроэлектроэнергии в одном из пунктов этой реки; можно было бы добавить к этому еще: 4) глубины реки во всех необходимых местах ее, 5) скорости течения реки во всех необходимых местах ее, 6) площади живых сечений русла, 7) напоры воды у ГЭС.

Все эти величины зависят в данном объекте практически однозначно от соответствующего уровня, поэтому они и следуют практически симметрично по отношению друг к другу.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА К ДРУГИМ ВОДНЫМ ОБЪЕКТАМ

После того как был положительно решен вопрос о преобразовании атмосферных осадков для описанного сложного случая — сильно зарегулированного озера (рис. 8), — где уровни явно не следуют ходу

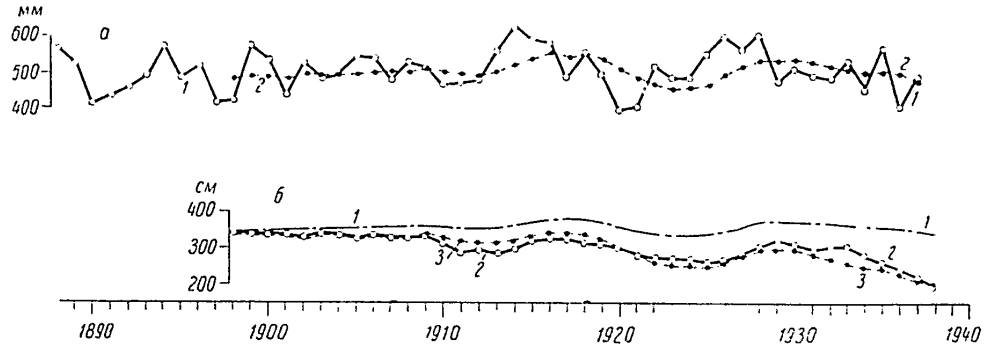


Рис. 18. Выпавшие и преобразованные величины атмосферных осадков в водосборе с поверхностью 1 500 000 км² и величины уровней бессточного озера, куда притекают эти осадки. (Приняты следующие коэффициенты влияния осадков: $e_1 = 0.14$, $e_2 = 0.18$, $e_3 = 0.18$, $e_4 = 0.16$, $e_5 = 0.12$, $e_6 = 0.08$, $e_7 = 0.06$, . $e_8 = 0.04$, $e_9 = 0.03$, $e_{10} = 0.01$).

а — осадки: *1* — выпавшие, *2* — преобразованные; *б* — уровни воды: *1* — вычисленные без учета эпохи действия осадков, *2* — наблюденные, *3* — вычисленные с учетом эпохи действия осадков.

выпавших (непреобразованных) осадков, были проанализированы: 1) уровни бессточного большого озера (рис. 18), 2) приток воды к одному из створов большой неозерной реки (рис. 19), 3) приток воды к одному из створов малой реки (рис. 20), 4) уровни, объемы воды и притоки ряда других водоемов.

Везде подтвердилась целесообразность охарактеризованного преобразования атмосферных осадков. При этом в одних случаях задача удовлетворительно и просто решается преобразованием фактически наблюденных осадков, в других — преобразованием отклонений от нормы осадков и связанных с ними гидрологических характеристик.

Решать это надо соответственно той цели, ради которой исследование производится, применительно к рассматриваемым физико-географическим условиям и соответственно наличию фактических материалов.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Обычно там, где налицо избыток атмосферных осадков по отношению к испарению и велика зарегулированность стекающей воды, с годовыми

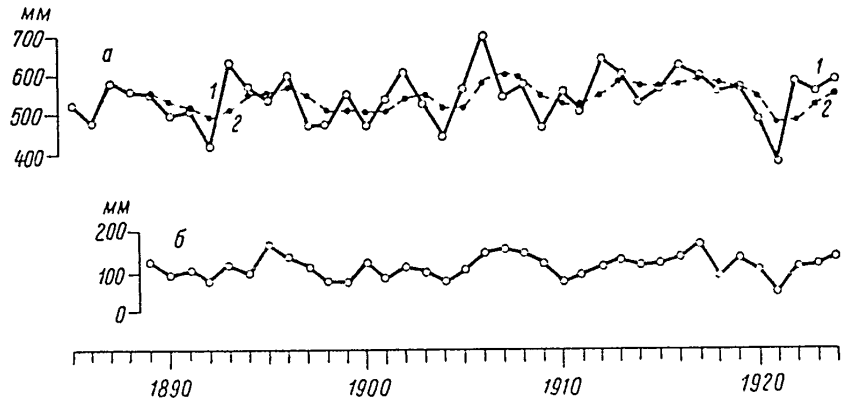


Рис. 19. Выпавшие и преобразованные величины атмосферных осадков в водосборе с поверхностью 400 000 км² в сопоставлении с притоком воды к замыкающему створу. (Приняты следующие коэффициенты влияния осадков: $e_1 = 0.29$, $e_2 = 0.36$, $e_3 = 0.21$, $e_4 = 0.11$, $e_5 = 0.03$).

а — осадки: *1* — выпавшие, *2* — преобразованные; *б* — приток воды.

осадками можно удовлетворительно оперировать с фактически наблюденными величинами, не определяя отклонений осадков от нормы

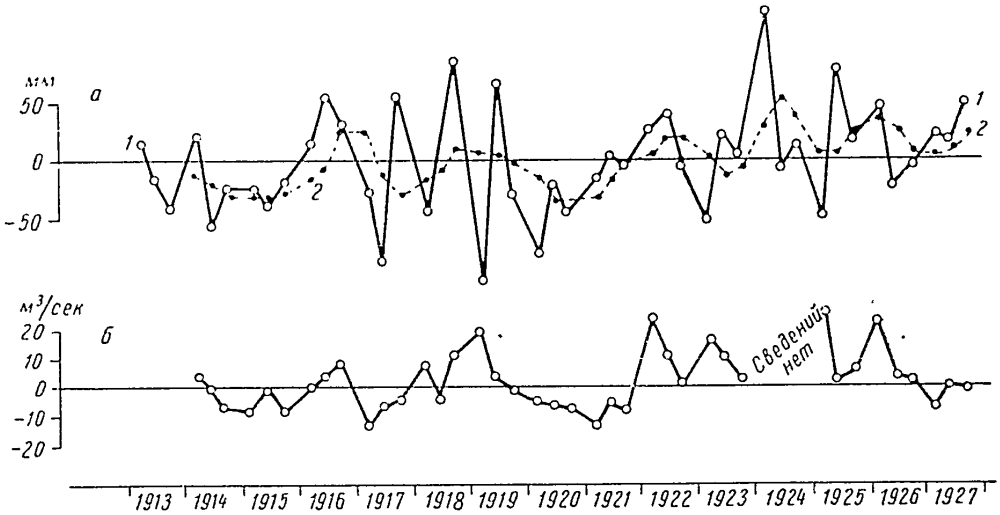


Рис. 20. Выпавшие и преобразованные величины атмосферных осадков в водосборе с поверхностью 1000 км² в соотношении с притоком воды к замыкающему створу (и то и другое в отклонениях от нормы). (По осадкам использованы данные одной метеорологической станции. Приняты следующие коэффициенты влияния осадков:

$$e_1 = 0.2,\ e_2 = 0.4,\ e_3 = 0.3,\ e_4 = 0.1).$$

а — осадки: *1* — выпавшие, *2* — преобразованные; *б* — приток воды (разрыв — отсутствие сведений).

и не отвлекаясь поисками трудно уловимых вариаций испарений. Другими словами, испарение и другие возможные потери осадков (сток

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

в другие водосборы, сток мимо рассматриваемого створа в данном водосборе и т. п.) рассматриваются здесь как близкие к постоянным величинам анализируемых групп или варьирующиеся мало, или практически компенсируемые влиянием осадков смежных лет.

Несколько сложнее переход к анализу водосборов, в которых испарение превышает выпадающие осадки, хотя бы лишь только в летние месяцы. Такие районы нашли лишь частичное отражение в излагаемом труде, и практические исследования здесь могут быть более трудны, чем в районах с избыточным увлажнением. Тем не менее задача эта вполне преодолимая, открывающая свои важные перспективы.

СРОК ВЛИЯНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ

Выше были освещены пути определения коэффициентов (долей) влияния годовых атмосферных осадков на годовые гидрологические явления. Число этих коэффициентов (e_1, $e_2 \ldots e_n$) является одновременно и числом лет влияния осадков. Ясно, что каждый реальный природный водоем может иметь свойственные ему особенности протекания выпавшей на землю атмосферной воды. Поэтому для каждого конкретного водосбора и водоема целесообразно находить именно свойственные ему характеристики.

Но такая работа иногда сложна, иногда для ее производства нет достаточных сведений. Кроме того, часто желательно иметь некоторые практические численные ориентиры в этом вопросе, чтобы начать тот или иной анализ.

С этой целью, а также как первый опыт приближенного обобщения этого вопроса автор настоящей работы рассмотрел 12 характерных водосборов и водоемов для определения возможного числа лет влияния атмосферных осадков на гидрологические явления.

Руководящей идеей при этом была следующая: чем больше площадь водосбора, тем более имеется возможностей для удлинения сроков пробега воды в грунтах от осадков, выпавших в водосборе до рассматриваемого конкретного замыкающего створа.

Поверхности рассмотренных водосборов имели величины от 1 500 000 до 1000 км^2 с наличием больших и малых озер в водосборах и практически без них. Таким образом, приняты во внимание относительно разнообразные водосборы и водоемы.

В результате анализа собранных материалов мы пришли к следующему приближенному соотношению:

$$n = \lg(1 + \omega) + \sqrt[3]{F}, \qquad (148)$$

где n — искомое число лет влияния атмосферных осадков на анализируемое гидрологическое явление (приток воды, уровень и т. п.); ω — площадь анализируемого водосбора до рассматриваемого озера или речного створа в км^2; F — площадь вод медленно перемещающихся, иначе говоря, застойных в рассматриваемом водосборе (озер, болот и т. п.) в км^2.

Графически эти соотношения приведены на рис. 21.

В последующем мы неоднократно проверяли эту формулу и для ряда новых водосборов, не вошедших в анализ при выводе формулы, и везде получали практически приемлемые результаты.

Не переоценивая значения этой весьма приближенной формулы, следует все же сказать, что она облегчает практическую работу, осо-

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

бенно на первых шагах, давая исходные данные, которые иначе надо определять гораздо более длительным путем. Кроме этого, формула позволяет заранее предвидеть некоторые другие важные особенности

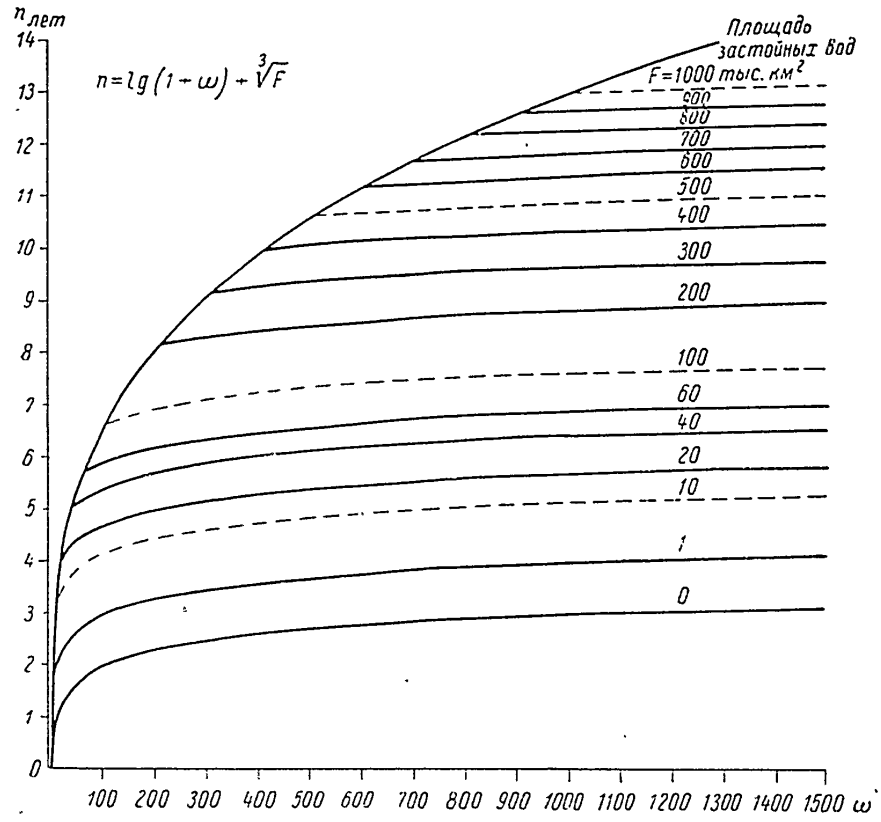


Рис. 21. Расчетный график по формуле автора.

водоемов, которые оценить без формулы или без составленной на ее основе таблицы трудно.

Таблица 3

Ориентировочное число лет влияния атмосферных осадков (n) на гидрологические явления соответственно формуле (148)

Площадь водосбора (ω в км²)	Площадь медленно перемещающихся застойных вод (F в км²)				
	0	100	1000	10000	100000
0	0	—	—	—	—
100	0.04	0.50	—	—	—
1000	0.30	0.76	1.30	—	—
10000	1.04	1.50	2.04	3.19	—
100000	2.00	2.46	3.00	4.15	6.64
1000000	3.00	3.46	4.00	5.15	7.64

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Например, из табл. 3 видно, что, для того чтобы реки не пересыхали и не перемерзали в течение года, нужна поверхность водосбора более 9000—10 000 км². Этот вывод из приближенной формулы, полученной, вообще говоря, для других целей, тем не менее практически подтверждается в отношении пересыхания и перемерзания водоемов специально собранными данными Советом производительных сил Академии Наук СССР и Академией наук Украинской ССР для Европейской части СССР (Поляков, 1946). По этим данным 40 водоемов, из общего числа 41, помещенных на карте, пересохли или перемерзли в 1941 г., имея поверхности водосбора менее 9—10 тыс. км².

Несомненно, отдельные условия могут привести к пересыханию и перемерзанию рек с бóльшими поверхностями водосборов, о чем упоминает и Б. В. Поляков (1946) и что понятно из существа приближенной нашей формулы; но все же это будут отдельные условия, а не наиболее распространенные, массовые явления.

Таким образом, приведенная выше формула (148) и табл. 3 имеют назначением определение порядка искомой величины — возможной длительности действия атмосферных осадков на изучаемое гидрологическое явление, — пока нет лучшего метода определения этой величины, а откладывать решение ряда практических задач нельзя. Ясно, что при первой к тому возможности надо искать более точные пути решения этой задачи, которая при все более прогрессивном изучении водных ресурсов не является задачей безнадежной.

ТИПЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ У ПРЕОБРАЗОВЫВАЕМЫХ ВЕЛИЧИН АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ И ИХ ВЫБОР

Величины и распределение коэффициентов у преобразовываемых атмосферных осадков могут быть разные. Предусмотреть их все, минуя особенности того или иного водосбора, нельзя. Но среди множества мыслимых коэффициентов и возможностей их распределения можно выделить некоторые типы их. Ниже даются основные указания для их выявления и применения в решении практических задач.

1. По формуле (148) нужно сначала определить приблизительный срок влияния атмосферных осадков (год, два, три и т. п.) для того или иного водосбора.

2. Получив ориентировочное число лет влияния атмосферных осадков, наметим затем кривую распределения этих коэффициентов по годам. Если число лет влияния мало́, например 2 года, то в практическом смысле достаточно задаться прямой линией убывания этих коэффициентов от данного года к предыдущим. Если же число лет влияния больше 2, выгоднее иметь не прямую, а кривую линию распределения коэффициентов по годам, с постепенным затуханием ее к более отдаленным годам (рис. 22).

Чтобы еще более обоснованно судить о той или иной форме кривой распределения коэффициентов, надо иметь перед собой график хронологического хода осадков и изучаемого гидрологического явления (рис. 6, 8, 11, 17—20). Внимательно всматриваясь в них, можно заметить то или иное запоздание в ходе изучаемого гидрологического явления по отношению к осадкам и сглаживание гидрологического явления. Это происходит от того, что часть осадков одного года стекла в данном году, другая пришла от предыдущего года и т. д.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Если явно видно запаздывание гидрологического явления, например на год, по отношению к осадкам, даже без применения коэффициентов, то срок этого сдвига указывает на год самого большого коэффициента влияния атмосферных осадков, т. е. в данном случае года назад. Значит, кривая распределения коэффициентов влияния осадков в этом случае будет типа кривой, изображенной на рис. 22, *г*, с самым большим влиянием осадков предшествующего года.

Если в ряде случаев получается явный сдвиг на год, а иногда он затушеван, то более подходящей кривой распределения будет кривая, изображенная на рис. 22, *в*.

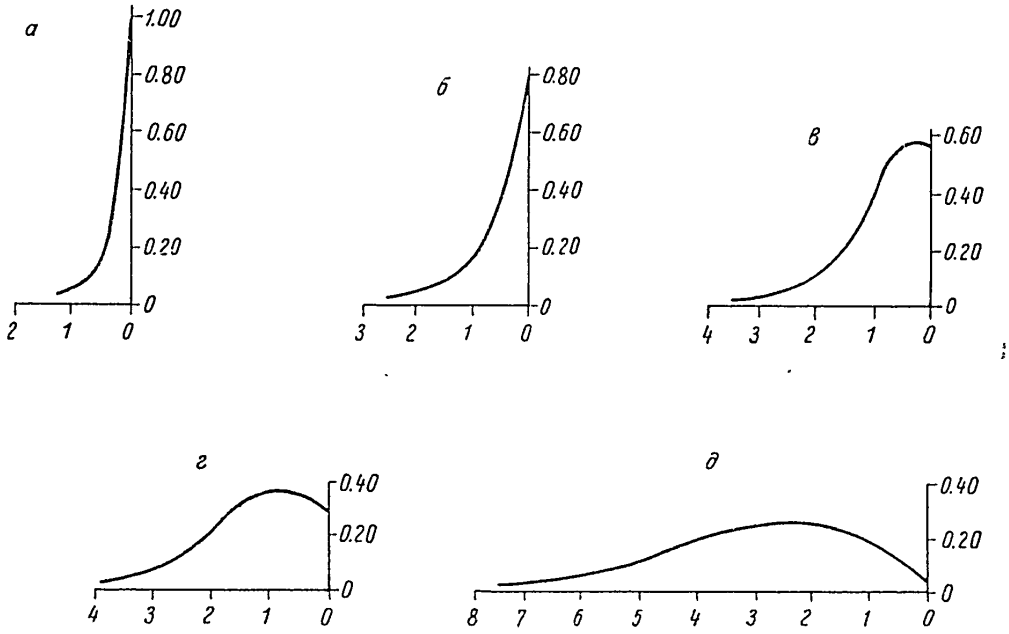


Рис. 22. Типы распределения коэффициентов влияния атмосферных осадков.

а — тип очень малого водосбора без озер, *б* — тип среднего водосбора без значительных озер, *в* — тип значительного и большого водосбора с относительно малой озерностью, *г* — тип среднего водосбора со средней и большой озерностью, *д* — тип значительного и большого водосбора с очень большой озерностью. *По оси ординат* — коэффициент влияния осадков, *по оси абсцисс* — число лет влияния осадков.

Если явно замечается сдвиг на 2, 3, 4 года, т. е. в среднем на 3 года, то более подходящей кривой распределения представляется та, которая дана на рис. 22, *д*.

Если вовсе не замечается явных сроков сдвига гидрологических явлений по отношению к осадкам ни в одном случае многолетнего хронологического сопоставления, то более всего может подойти тип кривой, изображенной на рис. 22, *а*.

3. Остановившись на том или ином типе кривой распределения годовых коэффициентов преобразованных осадков, при функциональном анализе полезно, как выше указано, назначить их такими, чтобы сумма их за все принятые годы влияния осадков составила 1.0. Это представляет те удобства в разнообразных сопоставлениях и анализе осадков, что не искажается их суммарный удельный вес по отношению к норме.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

4. Далее надо применить избранные коэффициенты непосредственно к преобразованию осадков. Делать это можно и в табличной, и в графической, и в графо-аналитической форме. В ряде случаев предпочтителен графо-аналитический путь как более наглядный и более удобный для анализа и для всевозможных корректив, если такие потребуются по ходу анализа. Пример такого преобразования нами приведен на рис. 11 с соответствующими пояснениями в тексте.

5. Проделав все вычисления с принятыми коэффициентами, целесообразно изобразить полученные преобразованные величины осадков на том же хронологическом графике, в том же масштабе и по той же шкале, как и непреобразованные осадки.

Сопоставляя и то и другое с анализируемым гидрологическим явлением, нанесенным здесь же в удобном для сравнения масштабе,[1] можно увидеть, улучшило ли и в какой степени преобразование осадков ход их по отношению к изучаемому гидрологическому явлению. Другими словами, стали ли более синхронно теперь следовать преобразованные величины осадков по отношению к изучаемому гидрологическому явлению. Если синхронность появилась (а ее раньше не было) или заметно улучшилась, значит коэффициенты принесли пользу. Если улучшения нет, значит, или коэффициенты неудачно подобраны, или отставание гидрологических явлений по отношению к осадкам имеет слишком малое значение (например, в очень малых, слабо зарегулированных природой бассейнах).

6. Использовав первые таким образом подобранные коэффициенты преобразования величин осадков и убедившись в их применимости и пользе, не следует безотчетно удовлетвориться одним лишь этим типом распределения их и принятыми здесь коэффициентами. Весьма рекомендуется попробовать еще несколько вариантов, осмысленно добиваясь все лучшего и лучшего следования преобразуемых величин осадков по отношению к изучаемому гидрологическому явлению.

Опыт показывает, что, овладев этим методом, совсем нетрудно пересчитать осадки по самым разнообразным типам их распределения, и это доставляет большое удовлетворение — видеть, в каких случаях получается все бóльший и бóльший прогресс, а в каких — ухудшение. После таких проб появляются определенные навыки в подборе этих коэффициентов, и каждый следующий вариант или объект рассчитывается все легче и легче.

Определение коэффициентов методом корреляции для 2 переменных практически не сложно, для 3 переменных — вычисления существенно осложняются. Для большего же числа переменных метод этот слишком громоздок и, как нам представляется, проще и быстрее результаты достигаются последовательным подбором. При все более внимательном анализе при этом обычно замечаются в каждом водосборе такие признаки, или характеристики, которые сильно влияют на результаты, и такие, влияние которых незначительно или практически не важно. Словом, работая в этом направлении, исследователь начинает все глубже и глубже вникать в особенности данного водосбора и явлений, в нем происходящих, а практик все более и более приближается к исследователю, нешаблонно понимая используемые закономерности.

[1] Иначе говоря, приблизительно одинаковыми амплитудами обоих явлений в их изображении на чертеже (предпочтительно на миллиметровке).

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ МЕСЯЧНЫХ ВЕЛИЧИН АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В МЕСЯЧНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Теоретический анализ, охарактеризованный формулами (1—6 и др.), подразумевает возможность оценки гидрологического явления в зависимости от атмосферных осадков за любой отрезок времени. В предыдущих главах (стр. 36—58) описаны пути работы с годовыми величинами атмосферных осадков и обусловливаемыми ими годовыми гидрологическими характеристиками.

Представляет интерес рассмотреть возможности применения охарактеризованного метода для ежемесячных характеристик. Так как основная трудность в методике заключается в выборе коэффициентов влияния у преобразовываемых величин атмосферных осадков, то прежде всего надо выявить их возможное количество. Формула (148) позволит определить это в первом приближении для числа лет влияния осадков, умножив которое на 12, получим число месяцев влияния осадков.

Таким образом, при одном годе влияния осадков получится 12 ежемесячных коэффициентов влияния, а чем больше лет влияния осадков, тем соответственно больше будет и число ежемесячных коэффициентов.

В виде формулы это можно выразить, соответственно формуле (148), так:

$$m = 12\left[\lg(1+\omega) + \sqrt[3]{F}\right], \qquad (149)$$

где m — число месяцев.

В числах ориентировочное количество коэффициентов влияния приведено в табл. 4.

Таблица 4

Ориентировочное число коэффициентов влияния (m) у ежемесячных величин атмосферных осадков, преобразовываемых в гидрологические характеристики

Площадь водосбора (ω в км²)	Площадь медленно перемещающихся застойных вод (F в км²)				
	0	100	1000	10000	100000
0	0	—	—	—	—
100	0—1	6	—	—	—
1000	3—4	9	14	—	—
10000	12	18	24—25	38	—
100000	24	29—30	36	50	80
1000000	36	41—42	48	61—62	92

Из табл. 4 видно, что только при малых и очень малых площадях водосбора число коэффициентов влияния (m) будет мало. При площадях же водосборов $\omega > 1000$ км² и при площадях застойных вод $F > 100$ км² число коэффициентов влияния становится достаточно большим (свыше 10—12), что представляет значительные практические трудности для определения величин этих коэффициентов.[1]

[1] Выше отмечалось, что более 3—4 переменных выявлять аналитической корреляцией трудно

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Тем не менее находить их можно. Для этого рекомендуется применять следующие два пути: 1) определение месячных коэффициентов влияния, идя от годовых; 2) непосредственное определение месячных коэффициентов.

Первый путь имеет то удобство и преимущество, что он легко достижим. Действительно, имея возможность определить годовые коэффициенты влияния (как это изложено в предыдущих главах), найти из этих коэффициентов месячные величины не представляет проблемы, так как эти месячные коэффициенты могут быть непосредственно сняты из хронологического графика годовых коэффициентов.

Второй путь без знания первого гораздо более труден, так как ничем не направляемое назначение коэффициентов ведет к очень большой технической работе (оценки разных вариантов отобранных коэффициентов) без достаточной уверенности в успехе. Правда, имея ориентировочную формулу (149) и табл. 4, полученные из годовых характеристик, можно иметь первое представление о возможном числе месяцев влияния осадков, но все же, не убедившись сначала на годовых данных, рисковать производством очень больших расчетов, только пользуясь формулой (149) и табл. 4, не следует. Ввиду этого на данном этапе изученности этого вопроса мы считаем предпочтительным первый путь работы, к рассмотрению которого и перейдем.

Объект для анализа

В целях связи с предыдущим практическим анализом годовых осадков и сопоставления их с годовыми характеристиками рассмотрим перевод полученных ранее годовых коэффициентов влияния в месячные.

Обратимся поэтому к уже рассмотренному озеру, где были приняты следующие приближенные коэффициенты влияния годовых осадков на среднегодовой уровень озера:

$$e_1 = 0.2 \qquad e_3 = 0.2$$
$$e_2 = 0.5 \qquad e_4 = 0.1$$

Формулой для анализа среднегодовых уровней озера по годовым осадкам в водосборе, таким образом, является следующая [согласно формулам (144 и 145)]:

$$H_{\text{ср.}} = f(0.2\,X_1 + 0.5\,X_2 + 0.2\,X_3 + 0.1\,X_4) = X_{\text{ф.}}, \qquad (150)$$

где X_1 — годовые осадки данного года в мм на водосбор, X_2, X_3, X_4 — годовые осадки соответствующих предыдущих лет, f — символ функциональности, $X_{\text{ф.}}$ — сокращенное выражение функционально преобразованных осадков, $H_{\text{ср.}}$ — искомый среднегодовой уровень воды данного года в см.

Выявление ежемесячных коэффициентов

Наносим выявленные годовые коэффициенты на хронологический график (кружки на рис. 23) и для освещения истории возникновения этих приближенных коэффициентов наносим на этот же график тонкой линией принятую кривую влияния годовых осадков, с которой сняты были эти приближенные, сильно округленные, коэффициенты.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Если считать, что кривая влияния годовых осадков верна и уточнять ее нецелесообразно, то ежемесячные коэффициенты влияния осадков находятся на ней просто, соответственно верхней шкале месяцев на этом же графике. Эти коэффициенты были бы такие:

$$e_1 = 0.02 \qquad e_{18} = 0.48$$
$$e_2 = 0.05 \qquad \ldots\ldots$$
$$\ldots\ldots \qquad e_{48} = 0.02 \text{ и т. д.}$$

Но благодаря анализу ежемесячных осадков (вместо прежних годовых) было замечено, что годовой коэффициент $e_1 = 0.2$ для первого (данного) года влияния осадков несколько занижен. Его следует взять бóльшим.[1] Насколько бóльшим — это особый вопрос, которым детально здесь заниматься не будем, но отметим, что это вытекало из следующих данных ежемесячного обзора:

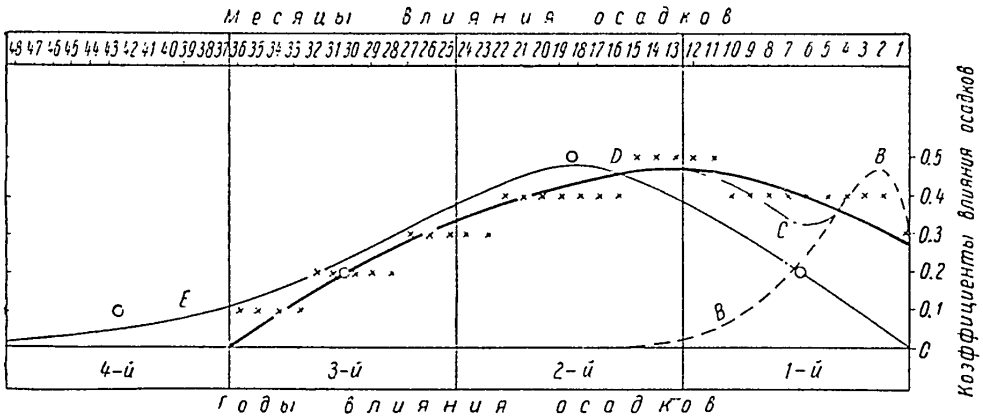


Рис. 23. Переход от годовых коэффициентов влияния осадков к ежемесячным.

1) было видно, что скопившиеся запасы зимних осадков начинали существенно влиять на повышение уровня уже в первый месяц достаточно теплой весенней погоды; вследствие этого коэффициент влияния осадков первого месяца должен быть выше того, который получен был из анализа сильно сглаженной кривой годовых коэффициентов;

2) уровень воды в озере обычно растет и в месяц таяния снега в водосборе, и в последующие 2—3 месяца; значит, приток воды в озеро за эти 2—3, а иногда и 4 месяца превышает сток воды из него; это также требует повышения коэффициентов влияния притекающих осадков первых месяцев;

3) известно стало, что местный склоновый приток воды в озеро и приток воды от многих малых рек, быстро отдающих воду от тающего снега в рассматриваемое озеро, составляют приблизительно $^1/_4$ общего влияния осадков со всего водосбора. Если мысленно выделить из общего влияния роль этих относительно быстро стекающих вод (линия BB на рис. 23), то приближающейся верной кривой коэффициентов влияния ежемесячных осадков должна быть некоторая хронологи-

[1] Приводим эти пояснения с методической целью, чтобы видно было, как можно все более уточнять коэффициенты при все большем увеличении числа рассматриваемых интервалов времени или, иначе говоря, при все более точном подходе к вопросу. Противоположный путь был бы гораздо более трудоемок.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

ческая кривая типа *BCD* двугорбого или даже многогорбого характера, но эти обстоятельства обычно исчезают в месячных характеристиках.

Вследствие сложности численной оценки всех сторон этого явления и обилия требующихся для этого вычислений, приходится упрощать расчетный вид кривой влияния месячных осадков, в том числе отсечь численно мало влияющий на результаты «хвост» от предшествующего 4-го года влияния осадков.

Анализируя, таким образом, данные, сокращая вычисления и сильно округляя коэффициенты, практически остановились для преобразования ежемесячных величин осадков на следующих коэффициентах влияния, приведенных в табл. 5.

Таблица 5

Приблизительные коэффициенты влияния (*e*) месячных осадков на обусловливаемые ими уровни озера

Десятки месяцев начиная с данного	Единицы месяцев начиная с данного									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
10	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
20	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
30	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	—	—	—

Эти принятые коэффициенты обозначены на рис. 23 крестиками. Они сильно округлены и приняты равными для ряда соседних месяцев с целью максимального облегчения вычислений. Поэтому они только приблизительно следуют наиболее правдоподобной кривой *BCDE*.

Но и при этом, т. е. для условий 36 принятых коэффициентов влияния, согласно табл. 5, для 50 лет наблюдений требуется, при обязательном ежемесячном учете осадков, произвести $50 \times 12 \times 36 = 21\,600$ перемножений и столько же сложений, чтобы получить все $50 \times 12 = 600$ искомых ежемесячных характеристик уровней.

В рассматриваемом случае умножений и сложений требовалось в $1^1/_2$—2 раза меньше, вследствие того что осадки за зимние месяцы, в которые снег не тает, объединялись в одну (суммарную) величину и относились к одному месяцу начала стекания их (в данном случае — к маю).

Расчетные формулы для одного из объектов

В связи со всем изложенным практической расчетной формулой для принятого влияния на месячный уровень воды осадков 35 предшествующих месяцев и данного, могла бы служить, при одинаковых неучаствующих осадках, следующая приближенная функционально выраженная формула:

$$X_{ф.} = 0.3X_1 + 0.4X_2 + 0.4X_3 + 0.4X_4 + 0.4X_5 + 0.4X_6 +$$
$$+ 0.4X_7 + 0.4X_8 + 0.4X_9 + 0.4X_{10} + 0.5X_{11} + 0.5X_{12} +$$
$$+ 0.5X_{13} + 0.5X_{14} + 0.4X_{15} + 0.4X_{16} + 0.4X_{17} + 0.4X_{18} +$$

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

$$+0.4X_{19}+0.4X_{20}+0.4X_{21}+0.4X_{22}+0.3X_{23}+0.3X_{24}+$$
$$+0.3X_{25}+0.3X_{26}+0.3X_{27}+0.2X_{28}+0.2X_{29}+0.2X_{30}+$$
$$+0.2X_{31}+0.2X_{32}+0.1X_{33}+0.1X_{34}+0.1X_{35}+0.1X_{36}, \qquad (151)$$

где X — выпавшие за каждый месяц осадки.

Но неучаствующие осадки существенно меняются с каждым скользящим в этой формуле месяцем (например в январе не то испарение, что в июле, и т. п.), в отличие от годовых величин, где неучаствующие осадки близки друг к другу и близки к норме. Поэтому производить вычисления по данной формуле скользящим образом трудно, а вычисления нескользящим образом очень осложняют всю работу.

По этим причинам гораздо удобнее производить вычисления не с помощью действительно выпавших каждый месяц осадков (X), а с помощью их отклонений от своей (месячной) нормы. В этом случае в исключаемую норму осадков каждого месяца войдет и норма испарения осадков за этот же месяц, и норма некоторых других регулярно не участвующих осадков в рассматриваемом гидрологическом явлении (еще не дошедшие до данного места осадки и т. п.). Следовательно, отклонение от нормы величин осадков в таком исчислении будет одновременно характеризовать и отклонение от нормы изучаемой гидрологической характеристики.

В связи с этим вместо формулы (151) можно написать:

$$\Delta X_{\text{ф.}}=0.3\Delta X_1+0.4\Delta X_2+0.4\Delta X_3+0.4\Delta X_4+0.4\Delta X_5+0.4\Delta X_6+$$
$$+0.4\Delta X_7+0.4\Delta X_8+0.4\Delta X_9+0.4\Delta X_{10}+0.5\Delta X_{11}+0.5\Delta X_{12}+$$
$$+0.5\Delta X_{13}+0.5\Delta X_{14}+0.4\Delta X_{15}+0.4\Delta X_{16}+0.4\Delta X_{17}+0.4\Delta X_{18}+$$
$$+0.4\Delta X_{19}+0.4\Delta X_{20}+0.4\Delta X_{21}+0.4\Delta X_{22}+0.3\Delta X_{23}+0.3\Delta X_{24}+$$
$$+0.3\Delta X_{25}+0.3\Delta X_{26}+0.3\Delta X_{27}+0.2\Delta X_{28}+0.2\Delta X_{29}+0.2\Delta X_{30}+$$
$$+0.2\Delta X_{31}+0.2\Delta X_{32}+0.1\Delta X_{33}+0.1\Delta X_{34}+0.1\Delta X_{35}+0.1\Delta X_{36}. \qquad (152)$$

Для переходных периодов времени от зимы к лету и от лета к зиме нередко более доступным будет анализ не месячных величин и отклонений от нормы, а двухмесячных, сезонных и т. п. характеристик.

Результаты расчетов

Результаты расчетов по формуле (152) изображены на рис. 24.[1] На нем ясно видно, насколько близки преобразованные с помощью формулы (152) величины месячных осадков к месячным уровням воды и насколько не похожи друг на друга наблюденные месячные уровни и непреобразованные величины месячных осадков.

Значит, польза в преобразовании осадков, даже с помощью очень приближенных коэффициентов, налицо.

Перевод функциональных соотношений в непосредственные для ежемесячных величин таков же, как и для рассмотренных выше годовых величин.

[1] Все вычисления произведены Е. Ф. Быдиной.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

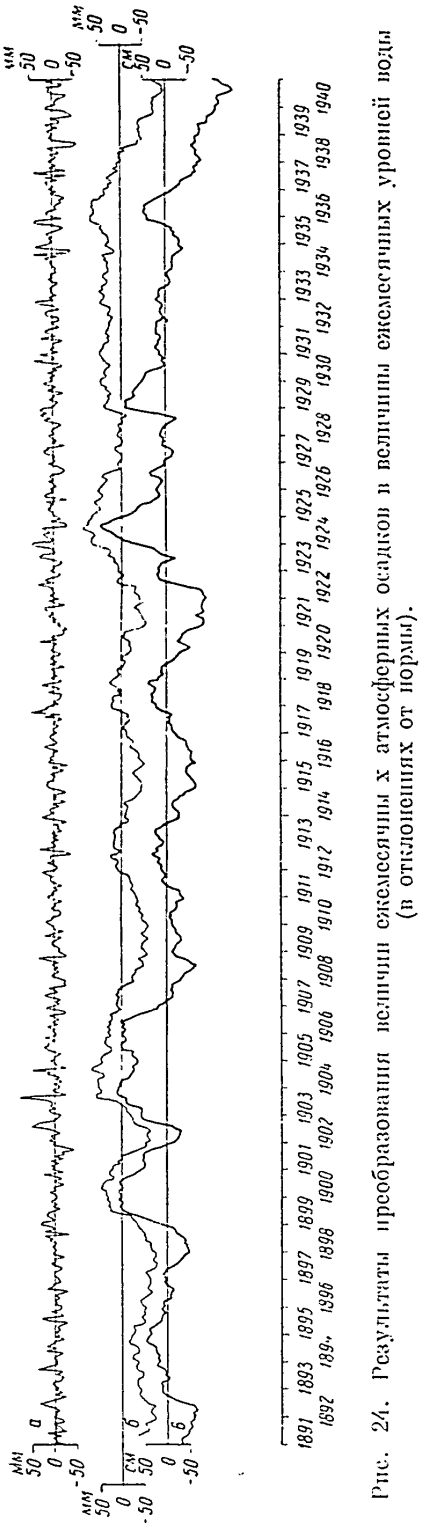


Рис. 24. Результаты преобразования величин сжемесячных х атмосферных осадков и величины ежемесячных уровней воды (в отклонениях от нормы).
а — выпавшие осадки, б — преобразованные осадки, в — уровни воды.

ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛУЧЕННЫХ ВЫВОДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Исходные положения

Как видно из теоретической стороны вопроса и методических примеров численного раскрытия рекомендуемых взаимосвязей, важно выявить возможно более точно следующие характеристики: 1) величины S, если решать уравнения типа (1); 2) величины $a_1 a_2 \ldots a_m$ или соответствующие другие коэффициенты (например $e_1, e_2 \ldots e_m$), если следовать уравнению типа (2, 26—40 и др.).

Имея возможность использовать любой тип теоретического уравнения в зависимости от данных фактических наблюдений и степени полноты их анализа, мы, следовательно, можем применять любое из следующих практически доступных уравнений (12—14, 16—18, 19—21, 26—28):

$$Y = a_1 (X_1 - Z_1 - \Sigma E_1) + a_2 (X_2 - Z_2 - \Sigma E_2) + \ldots + a_m (X_m - Z_m - \Sigma E_m) + P, \quad (153)$$

$$Y = a_1 (X_1 - Z_1) + a_2 (X_2 - Z_2) + \ldots + a_m (X_m - Z_m) \pm q, \quad (154)$$

$$Y = b_1 (X_1 - Z_1) + b_2 (X_2 - Z_2) + \ldots + b_m (X_m - Z_m), \quad (155)$$

$$Y = e_1 X_1 + e_2 X_2 + \ldots + e_m X_m - C. \quad (156)$$

Если же вначале искать каждый раз не действительную величину Y, а его функцию (что, как выше отмечалось, часто практически проще), то исходным уравнением для практических расчетов может быть, согласно формулам (29—31, 38—40 и др.), следующее:

$$X_{ф.} = k_1 X_1 + k_2 X_2 + \ldots + k_m X_m. \quad (157)$$

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Приведем ниже ряд примеров по использованию практических уравнений.

Расчленение притекающих вод на части различного происхождения по времени

Ответом на этот вопрос служат сами уравнения (153—157), где притекающие воды численно распределены именно по времени их происхождения (выпадения на землю атмосферных осадков).

Поэтому, как только выявлены коэффициенты e или k в уравнения (156, 157) или величины a, Z, E, или a, Z, q, или b, Z, решена и сама задача. Далее надо производить лишь технические вычисления, на которых мы останавливаться не будем ввиду их очевидной ясности.

Использование известных частей расчетных уравнений для предопределения возможного будущего притока воды

Всегда, когда надо предопределять будущий водный режим, дело осложняется обычно неизвестностью будущих величин осадков (X). Ими надо или задаваться, например на основе многолетних сведений, соответственно поставленной задаче, или пользоваться рекомендуемыми величинами из прогнозов осадков, которые еще не достигли желательной точности и значительной заблаговременности.

В этих условиях ценную помощь могут оказать в ряде задач величины безусловно притекающей воды от известных осадков, выпавших в данный и предшествующие интервалы времени. К этой воде что-то будет добавляться от будущих осадков, которые тоже можно оценить соответственно тем или иным особенностям производства.

Приведем примеры такого предопределения будущего притока воды.

Пример 1. Пусть имеется значительная река с наличием многолетних наблюдений за атмосферными осадками в водосборе и за притоком воды к рассматриваемому месту (створу). Пусть в результате анализа этих материалов была получена следующая расчетная формула (взят конкретный водосбор):

$$Y = 0.22\,(X_1 - 371) + 0.20\,(X_2 - 371) + 0.09\,(X_3 - 371) - 25, \quad (158)$$

где Y — искомый годовой приток воды в рассматриваемое место за данный год в мм на поверхность водосбора, X_1 — атмосферные осадки в водосборе за данный год в мм на поверхность водосбора, X_2 и X_3 — атмосферные осадки в водосборе соответственно за предыдущий год (X_2) и еще более ранний (X_3), 371 — величина не участвующих годовых осадков в рассматриваемом притоке воды (Y) в мм на поверхность водосбора, 25 — свободный член уравнения.

Анализируя полученное уравнение (158), видим:

1) что роль предшествующих осадков (X_2 и X_3) в притоке воды (Y) за данный год довольно ощутительна: она составляет 29 единиц влияния по отношению к 22 единицам влияния осадков данного года (соответственно коэффициентам $0.20 + 0.09$ и 0.22);

2) если бы мы не знали, какие выпали осадки в данном году, мы могли бы все же определить приток воды в данном году, с некоторой, конечно, ошибкой;

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

3) ошибка в предопределении притока воды за данный год будет тем меньше, чем меньше ошибаемся мы в предположении осадков за данный год, не зная их действительной величины.

Произведем для этого вычисления, зная, какие в этом водосборе бывают наибольшие, средние и наименьшие годовые осадки. Пусть это будут соответственно 770, 550 и 371 мм.

Подставляя эти величины в расчетную формулу (158), получим: 1) самый большой возможный приток воды в данном году —

$$Y = 0.22(770 - 371) + 0.20(X_2 - 371) + 0.09(X_3 - 371) - 25 = \\ = 0.20X_2 + 0.09X_3 - 45, \quad (159)$$

2) средний возможный приток воды в данном году —

$$Y = 0.22(550 - 371) + 0.20(X_2 - 371) + 0.09(X_3 - 371) - 25 = \\ = 0.20X_2 + 0.09X_3 - 92, \quad (160)$$

3) самый меньший возможный приток воды в данном году —

$$Y = 0.22(371 - 371) + 0.20(X_2 - 371) + 0.09(X_3 - 371) - 25 = \\ = 0.20X_2 + 0.09X_3 - 133. \quad (161)$$

Таким образом, если мы назначим осадки на данный год равными норме 550 мм [см. формулу (160)], то притоки воды в данном году могут отличаться от незнания действительно возможных осадков данного года по крайним многолетним данным самое большее на 47 мм (разность между свободным членом —92 и —45). Процент ошибки поэтому будет зависеть от того, каков будет действительный приток воды в данном году. Если он будет, например, 160 мм, то ошибка составит 29%; если меньшим — ошибка будет больше, а если приток будет бóльшим — ошибка получится меньше. Но это самая большая ошибка, которая может быть 1 раз в 40—50 и более лет. Чаще же ошибки будут меньше.

Вторая категория вопросов, которые могут быть решены, пользуясь формулами (159—161), — это крайние возможные притоки воды. Их тоже обычно надо знать на производстве. Возможный наибольший приток воды важно знать, чтобы безаварийно разместить его в водохранилище, благополучно пропустить через сооружения, наиболее целесообразно использовать. Возможный наименьший приток воды важно знать как гарантированный запас воды в водохранилище, на который производство безусловно может рассчитывать, например для целей водоснабжения, судоходства, орошения, выработки гидроэлектроэнергии и т. п., соответственно вводя эти безусловно гарантированные запасы воды в производственные планы.[1]

Из формул (159—161) видно, что самый большой возможный приток воды и гарантированный самый малый приток[2] зависят от осадков двух предыдущих лет (X_2 и X_3): чем бóльшие в предыдущие годы

[1] Словами «безусловно» и «гарантированный» здесь подчеркивается реальность такого рода цифр в крайних известных или заданных многолетних условиях, не касаясь вопроса о возможности изменения в отдаленном будущем этих крайних условий.

[2] Рассчитывая его при самых малых известных осадках и далее не уменьшая.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

были осадки, тем бо́льшие можно ожидать гарантированные величины этих притоков воды.

В частности, при осадках каждого из предшествующих годов по 750 мм приток воды в данном году, согласно формуле (158), будет:

$$Y = 0.22\,(X_1 - 371) + 84, \qquad (162)$$

а это дает: 1) приняв наибольшую возможную величину осадков в данном году 770 мм —

$$Y_{\text{наиб.}} = 88 + 84 = 172 \text{ мм},$$

2) приняв наименьшую возможную величину осадков в данном году 371 мм —

$$Y_{\text{наим.}} = 84 \text{ мм}.$$

Если же, наоборот, мы знаем, что осадки в предшествующие годы (X_2 и X_3) были малы, например по 450 мм в каждом году, то возможный приток воды в данном году, согласно формуле (158), будет:

$$Y = 0.22\,(X_1 - 371) - 3; \qquad (163)$$

это дает: 1) при наибольших осадках данного года (770 мм) —

$$Y_{\text{наиб.}} = 85 \text{ мм},$$

2) при самых малых осадках данного года (371 мм) —

$$Y_{\text{наим.}} = 0 - 3 = -3 \text{ мм},$$

т. е. воды не будет вовсе. Иначе говоря, три подряд засушливых года (с очень малыми осадками) способны привести эту значительную реку к пересыханию.

Итак, при одних и тех же осадках в данном году, в зависимости от осадков предыдущих двух лет, может быть следующее:

1) приток воды равен 172 мм, если осадки двух предыдущих лет были велики (по 750 мм в год) и велики осадки данного года (770 мм);

2) приток воды равен 85 мм, если осадки двух предыдущих лет были малы (по 450 мм в год) и велики осадки данного года (770 мм);

3) гарантированный приток воды равен 84 мм, если осадки двух предыдущих лет были велики (по 750 мм в год) и чрезвычайно малы осадки данного года (371 мм), — минимум-миниморум за все годы;

4) гарантированный приток воды равен 0, если осадки двух предыдущих лет были очень малы (по 450 мм в год) и чрезвычайно малы осадки данного года (371 мм), — минимум-миниморум.

Это не безразлично знать в каждом данном году. Но так как понятие «данный год» мы можем относить и к будущему году, если соответственно все передвинуть на год,[1] то все приведенные выше цифры будут прогнозом на будущий год при разной допускаемой ситуации в анализируемом будущем году.

[1] Т. е. обозначая осадки данного года через X_2, предыдущего — через X_3 и задаваясь осадками будущего года (X_1).

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Потребностей в прогнозах такого рода много, и разрабатывать такие прогнозы можно по крайней мере для ряда водоемов.

Уточнения. Мы привели пример очень грубого расчета, чтобы определить порядок возможных величин. Но, во-первых, не всегда более всего важны именно годовые прогнозы, во-вторых, подход к ним можно уточнять, в-третьих, нужны прогнозы и меньшей заблаговременности. Формулы (153—157) позволяют все это учитывать дифференцированно, с различными уточнениями.

Поясним это примером из только что рассмотренной задачи. Установив, что для оценки ожидаемого притока в каждом будущем году надо знать осадки двух предшествующих ему лет (т. е. данного и предшествующего года), ясно, что не обязательно непременно пользоваться годовыми суммами осадков, а можно пользоваться месячными или еще за более кратковременные сроки.

Ясно также, что роль быстро стекших зимних осадков, лежавших на мерзлом грунте, мало значима или вовсе может быть исключена в деле расчетов ожидаемого очень замедленного притока воды к тому или иному месту не от этих, а от других осадков. Значит, полезно полностью или частично исключать зимние осадки предшествующих лет при определении притока воды будущего года, кроме осадков зим сильно оттепельных, когда просачивание тающего снега в грунт может иметь в некоторых водосборах заметное влияние на будущий замедленный (грунтовый) приток воды к рассматриваемому месту.

Встав на этот путь и используя те же типы формул (153—157), получим [даем как пример решение уравнения типа (157)]:

$$X_{ф.} = k_1 X_1 + k_2 X_2 + \ldots + k_m X_m.$$

Для выше рассмотренного объекта мы нашли, что численно подходящим простым уравнением является

$$X_{ф.} = 0.10 X_{XII} + 0.09 X_{XI} + 0.08 X_{X} + 0.07 X_{IX} + 0.06 X_{VIII} + \\ + 0.05 X_{VII} + 0.04 X_{VI} + 0.03 X_{V} + 0.02 X_{IV} + 0.01 X_{III}, \qquad (164)$$

где $X_{ф.}$ — функция ожидаемого годового притока воды за январь—декабрь будущего года; X_{XII}, X_{XI}, X_{X}, X_{IX} и т. д. — атмосферные осадки за соответствующие месяцы данного года.

Зная, что для данного объекта полезно учесть еще и осадки предыдущего года, можно поступить двояко: 1) либо соответственно увеличить количество членов уравнения (164) за счет добавления к нему характеристик предыдущего года, 2) либо, зная относительно малую роль осадков предыдущего года, дополнить уравнение (164) более упрощенной величиной.

Имея в виду большее практическое удобство второго пути за счет небольшой практической неточности, окончательно принято было следующее расчетное уравнение:

$$X_{ф.} = A_2 + A_3, \qquad (165)$$

где A_2 — численное выражение правой половины уравнения (164), т. е. тех осадков данного года, которые дают свою часть притока в будущем

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

году; A_3 — численное выражение влияния осадков предыдущего года на приток будущего года.

Таким образом, вычислить надо для всех месяцев каждого года лишь величину A_2. Она будет A_2 для данного года и равна $5A_3$ влияния осадков предыдущего года. Это ясно видно из приводимого ниже отрывка расчетной по этому вопросу табл. 6.

Таблица 6

Пример вычисления величин kX, A_2, A_3 и $X_ф$. в формулах (164—165)

Годы	kX месяцы и коэффициенты k к формуле (164)										A_2	A_3	$X_ф$. по формуле (165)
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII			
	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10			
1918	0.1	0.1	0.8	3.0	6.2	5.7	3.4	2.5	3.0	5.0	29.8	5.7	35.5
1919	0.4	0.6	1.8	4.1	4.3	4.0	2.0	4.4	4.1	4.6	30.3	6.0	36.3
1920	0.2	0.4	1.5	2.8	1.8	3.5	2.5	1.9	0.9	2.0	16.6	6.1	22.7
1921	0.1	0.7	1.6	3.2	1.9	2.7	1.7	2.2	3.4	2.3	19.8	3.3	23.1
1922	0.4	1.0	1.5	3.1	3.0	4.1	5.6	4.4	3.7	3.8	30.6	4.0	34.6
1923	0.2	0.5	1.9	2.8	3.2	3.8	4.2	4.1	5.7	3.6	30.0	6.1	36.1

Пример вычисления A_3: для 1920 г. $A_2 = 16.6$ мм, следовательно, для 1921 г. $A_3 = \frac{A_2}{5} = \frac{16.6}{5} = 3.3$ мм.

Построенное по $X_ф$. соотношение с действительно наблюденным в следующем году годовым притоком воды (Y) изображено на рис. 25. Оно показывает, что, зная ежемесячные осадки за период март—декабрь каждого года, можно давать прогнозы: 1) самого меньшего возможного притока воды в будущем году (линия L); 2) самого большего возможного притока воды в будущем году (линия M); 3) среднего и любого другого притока воды с соответствующим процентом риска (по любой мыслимой линии между крайними линиями L и M).

Обеспеченность методики прогнозов по этому соотношению, согласно правилам Гидрометслужбы, составляет 81%, т. е. позволяет внедрять эту методику в производство.[1]

Из рис. 25 видно, что, несмотря на неизвестность осадков будущего года, можно предусматривать для 62 лет, из общего числа 63, всегда бóльший приток воды в будущем году на величины от 1 до 135 мм, в среднем приблизительно на 30 мм. Каждый миллиметр притока воды за год в рассматриваемом водосборе составляет объем воды от 300 до 500 млн м³, в зависимости от места рассматриваемого речного створа, а 30 мм соответственно составляют 9—15 млрд м³.

В переводе на гидроэлектроэнергию эти объемы воды позволяют надежным образом предвидеть на год вперед возможность дополнительного получения сверх известного минимума из многолетних данных — при напоре воды 10 м от 200 до 350 млн квт-ч электроэнергии, 20 м от 400 до 700, 30 м от 600 до 1050, 40 м от 800 до 1400 млн квт-ч

[1] Обеспеченность 81% относится к ответам между крайними линиями L и M. Соответственно сформулированные ответы по крайним линиям L и M (притоки не меньшие величин, получаемых по линии L, и не бóльшие величин, получаемых по линии M) представляют 100%-ю обеспеченность методики.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

электроэнергии в каждой гидроустановке. Если имеется несколько гидроустановок или их можно выстроить, то во столько же раз увеличится надежно обеспечиваемая на год вперед и соответственно планируемая дополнительная электроэнергия сверх исторически известного минимума ее.

В масштабе уже существующих гидроэлектростанций такого рода дополнительно планируемая или предвидимая электроэнергия составляет несколько годовых выработок Волховской гидростанции.

Без рассмотренной методики преобразования атмосферных осадков эту электроэнергию удовлетворительно предвидеть было бы нельзя и,

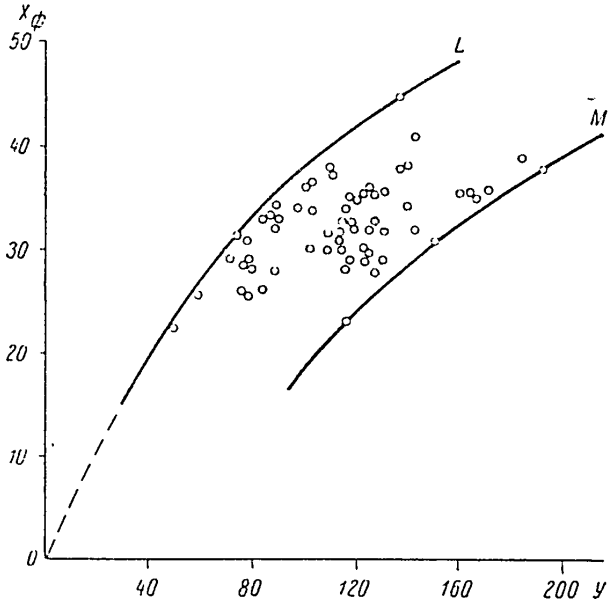


Рис. 25. Соотношение для прогноза годового притока воды на год вперед

следовательно, систематически занижались бы безусловно гарантированные производственные планы по ныне существующей методике.

Такого же рода эффективность заблаговременно предвидимой воды можно рассчитать и для других целей: для орошения, водоснабжения, судоходства и т. п.

Пример 2. Выше был рассмотрен водосбор с большими потерями атмосферных осадков на испарение. Представляет поэтому интерес рассмотрение водосбора с меньшими потерями осадков.

Для одного из таких водоемов было получено уравнение:

$$Y = 0.277\,(X_1 - 214) + 0.322\,(X_2 - 214) + 0.063\,(X_3 - 214). \qquad (166)$$

Надо было определить, какова численная роль осадков каждого года в формировании ежегодного реально наблюдаемого притока воды.

Необходимые для этого вычисления изложенным выше методом приводят к следующим результатам (рис. 26):

1. Хотя притекающие атмосферные осадки второго предшествующего года (X_3) дают не очень большие величины притока воды (в среднем

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

10% от общей величины), но их нецелесообразно исключать из ответственных расчетов как вследствие того, что роль их все же заметна, так и потому, что косвенно с их недостатком или избытком связана соответственно разная поглощательная способность воды грунтами. Обзор таких материалов весьма полезен.

2. Притекающие осадки предыдущего года составляют в среднем около 50% от общего притока воды за данный год, а вместе со вторым предшествующим годом дают в среднем 58%. Это еще более заметная величина.

3. Роль успевающих притекать к изучаемому створу осадков данного года ограничивается в среднем величиной 42%. Это значит, как

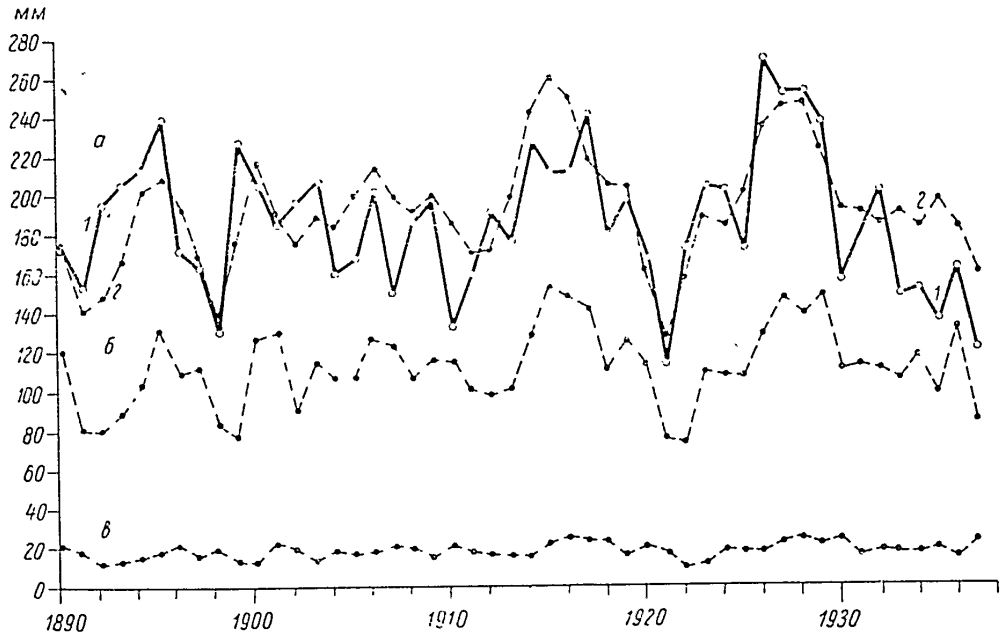


Рис. 26. Формирование годового притока воды под влиянием осадков трех лет.

1 — фактический годовой сток воды; *2* — вычисленный годовой сток воды: *а* — от влияния осадков 3 лет, *б* — от 2-го и 1-го годов влияния осадков, *в* — от 1-го (самого раннего) года влияния осадков.

и выше установлено для другого водосбора, что при больших выпавших осадках в предыдущий и в еще более ранний год приток воды в данном году не может быть чрезмерно малым, например равным самой малой величине за известные прежние годы, наблюденной при другой предшествующей обстановке; и наоборот, при очень малых выпавших в предыдущий и в еще более ранний год осадках нет оснований ожидать в данном году особенно больших притоков воды, поскольку обезвоженные в такой ситуации грунты будут перехватывать выпадающие в данном году осадки, отдавать часть их на повышенное испарение растениями и медленнее, чем по поверхности земли, отдавать оставшуюся воду на приток к рассматриваемому створу.

В числах это выражено на рис. 27 и табл. 7.

Итак, при больших осадках за предшествующие годы (622 и 590 мм) можно обоснованно ожидать приток воды в данном году более 195 мм. На самом деле приток был 213 мм, т. е. такой прогноз оправдался бы.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Таблица 7

Предшествующие годы	Осадки за два предшествующих года (в мм)	Данный год	Вычисленный приток воды в данном году от осадков двух предшествующих лет			Ожидаемый по рис. 27 приток воды (в мм)	Наблюденный приток воды (в мм)
			от X_3	от X_2	от X_3+X_2		
1914 и 1915	622 и 590	1916	26	122	148	>195	213
1920 и 1921	395 и 409	1922	11	63	74	>115	174

При малых осадках за предшествующие годы (395 и 409 мм) можно было ожидать в данном году приток воды только более 115 мм, т. е. на 80 мм меньше, чем в более благоприятной ситуации по предшествую-

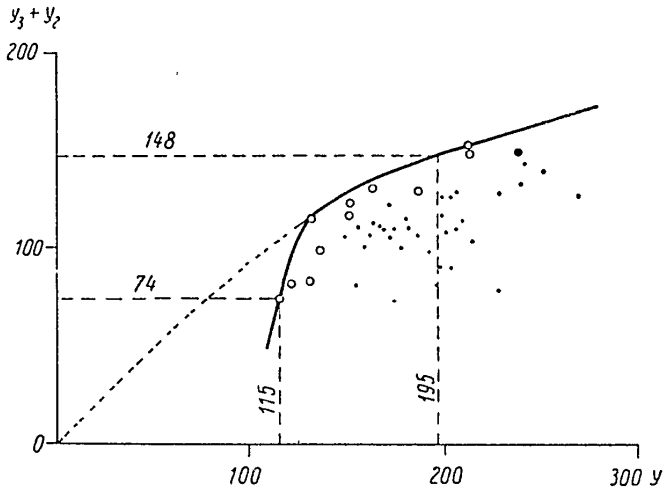


Рис. 27. Приток воды в данном году (Y) под влиянием частей его (Y_3+Y_2) от предыдущих лет.

Мелкие черные кружки — точки, относящиеся ко всем известным ситуациям, характеризующие общее их рассеяние; *пунктир* — возможная в будущем граница; *сплошная линия* — современная граница.

щим осадкам. Этот прогноз также оправдался бы, так как фактический приток воды был действительно больше 115 мм, составив 174 мм, а не более 195 мм, как это определено выше, в случае предшествующих больших осадков.

Такого рода ориентиры несомненно полезны в решении многих производственных задач. Эта польза еще более возрастет при более тщательном и точном выделении роли предшествующих осадков, например при анализе не годовых, а ежемесячных осадков и за еще более короткие интервалы времени; при исключении из такого рода анализа быстро стекающих зимне-весенних осадков и вообще уже стекших осадков из анализируемых.[1]

Пример 3. В предыдущих двух примерах рассматривались водосборы без озер. Но еще более выгодно анализировать изложенным образом

[1] Эта задача ныне встала в порядок дня и предполагается к исследованию для ряда водохранилищ.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

водоемы с озерами в водосборе. Ныне об этом особенно важно заботиться по причине все большего и большего использования естественных озер и создания искусственных. Озера в рассматриваемом плане интересны как водоемы, тем более задерживающие воду с водосбора, чем больше у озера его поверхность и чем меньше его проточность.

Это видно из следующей формулы:

$$W_{\text{пр.}} - W_{\text{ст.}} = W_{\text{з.}}, \tag{167}$$

где $W_{\text{пр.}}$ — объем притекающей воды в озеро в м^3; $W_{\text{ст.}}$ — объем вытекающей воды из озера в м^3, $W_{\text{з.}}$ — объем задержанной воды в озере в м^3; но

$$W_{\text{з.}} = h \cdot F \cdot 10^6, \tag{168}$$

где h — в м, F — в км^2.

Чтобы перейти к оценке роли водосбора, имеющего поверхность ω, можно формулу (168) заменить следующей;

$$\frac{W_{\text{з.}} \cdot 10^3}{\omega \cdot 10^6} = \frac{h \cdot F \cdot 10^6 \cdot 10^3}{\omega \cdot 10^6}, \tag{169}$$

где левая часть уравнения (равна Y) — слой воды в мм на поверхность водосбора (ω в км^2); правая часть выражена через слой воды h м в озере с площадью F км^2, питающемся водой с водосбора, имеющего поверхность ω км^2.

Сокращая на известные величины, получим вместо формулы (169)

$$Y = h \frac{F \cdot 10^3}{\omega}. \tag{170}$$

Составив в этих показателях формулу (167), получим:

$$Y_{\text{пр.}} - Y_{\text{ст.}} = h \frac{F \cdot 10^3}{\omega}, \tag{171}$$

откуда

$$h = \frac{(Y_{\text{пр.}} - Y_{\text{ст.}})\,\omega}{F \cdot 10^3}. \tag{172}$$

Из формул (171 и 172) видим:

1) задержка воды озером $\left(h \frac{F \cdot 10^3}{\omega}\right)$ будет тем больше, чем бóльшая возникает разность между притоком воды в озеро ($Y_{\text{пр.}}$) и стоком воды из него ($Y_{\text{ст.}}$);

2) повышение уровня в озере (h) будет тем меньше при прочих равных условиях, чем больше площадь озера F км^2 и чем меньше поверхность водосбора ω км^2; но чем меньше прибывает вода в озере (т. е. чем меньше h в м), тем меньше увеличивается выпуск воды из озера ($Y_{\text{ст.}}$). Это вытекает из широко известных кривых $Q = f(H)$ стока воды из озера.

В итоге, тем больше задержится воды в озере, чем больше притекает воды в него ($Y_{\text{пр.}}$), чем меньше вытекает воды из озера ($Y_{\text{ст.}}$), а последнее в свою очередь тем меньше, чем меньше уровень воды в озере H, а меньший уровень H связан с меньшей площадью озера F и, следовательно, с большим отношением $\frac{\omega}{F}$ при прочих равных условиях.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

В природных условиях наиболее задерживающими воду озерами, следовательно, будут: 1) озера, в которые вода поступает широким фронтом, а вытекает не расширяющимся или мало расширяющимся с высотой руслом; 2) озера, в которых относительно велики их площади F (емкости) и малы поверхности водосбора ω; 3) озера, из которых вовсе не вытекает вода.

В искусственно созданных озерах будут действовать те же факторы с той лишь разницей, что вытекание воды из озер регулируется не природой, а человеком с помощью искусственных сооружений и машин (через отверстия плотин, через турбины и т. п.).

Как значительно может быть количество задержанной воды озером, видно из табл. 8.

Таблица 8

Количество задержанной озером воды при разных соотношениях $\frac{F}{\omega}$

Соотношение $\frac{F}{\omega}$	Прибыль воды в озере (h в м)	Количество задержанной озером воды (в мм) $Y = h\frac{F \cdot 10^3}{\omega}$	Примечание
0.3	0.50	150	При иной прибыли воды количество задержанной воды соответственно увеличивается или уменьшается (пропорционально h).
0.2	0.50	100	
0.1	0.50	50	
0.05	0.50	25	
0.01	0.50	5	

Данные табл. 8, выраженные в процентах, приведены в табл. 9.

Эта задержанная озером (или системой озер) вода будет со временем вытекать из озера, если оно проточное, и испаряться. В обоих

Таблица 9

Процентное отношение задержанной озером воды к общему притоку воды в него для прибыли воды в озеро $h = 0.50$ м

Соотношение $\frac{F}{\omega}$	Количество задержанной озером воды (в мм)	Общий приток воды в озере (в мм)				
		300	200	150	100	50
0.3	150	50	75	100	—	—
0.2	100	33	50	67	100	—
0.1	50	17	25	33	50	100
0.05	25	8	13	17	25	50
0.01	5	1.7	2.5	3.3	5.0	10

случаях в ниже расположенных по водосбору местах будет меньшее поступление воды к тому или иному замыкающему речному створу, чем в речных водосборах без озер. Вследствие этого модули или иные характеристики стока воды из озера, отнесенные к единице поверхности

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

водосбора (например к квадратному километру), могут быть меньше, чем для рек, питающих это озеро (или систему озер) при совершенно одинаковых атмосферных осадках, геологических, топографических, ландшафтных и иных условиях водосбора. Разница может возникнуть за счет того, что обычное испарение воды с единицы поверхности озера будет больше, чем с единицы поверхности водосбора, и за счет временно или навсегда задержанной воды в то или иное время озером. Только за относительно большое время, когда задержанная озером вода вытечет из него, приток воды к тому или иному ниже расположенному речному пункту по выходе из озера может быть близким или мало отличающимся от притока воды в озеро с соседних водосборов, при одинаковых или близких в обоих случаях поверхностях водосбора и иных условиях. Тогда одинаковыми или приблизительно одинаковыми могут стать и модули стока.

Время, в течение которого вода задерживается озером, различно и зависит, как выше отмечено, от ряда обстоятельств. Численно оно выражается величиной от нескольких дней и месяцев до нескольких лет, в зависимости от сочетания особенностей притока воды в озеро и вытекания воды из него. В некоторых случаях сюда может входить еще и заметное перераспределение воды грунтами: подземным притоком воды в озеро, подземным уходом воды из него и т. п. Учесть все эти детали численно, с помощью всевозможных наблюдений, иногда невозможно, иногда очень трудно, очень дорого и требует много времени и оборудования.

Метод преобразования величин атмосферных осадков позволяет решать ряд задач гораздо более эффективным образом. Для этого достаточно иметь лишь соответствующие наблюдения за атмосферными осадками в водосборе, уровнями озера и данными $Q = f(H)$, или $Q = f(H, i)$, по вытеканию воды из озера или отбиранию воды искусственными мерами, например на орошение, водоснабжение и т. п.

Все остальное выявляется из разработки расчетной формулы типа $Y = f(e_1X_1 + e_2X_2 + \ldots + e_mX_m)$, в которой найти надо собственно лишь коэффициенты e_1, $e_2 \ldots e_m$.

Поскольку все это детально описано в теоретической части работы, мы приведем здесь зависимость и результат ее применения для одного из водоемов с системой озер в водосборе.

Требовалось из года в год определять, какой может быть гарантированный приток воды в озеро в каждом следующем году, т. е. всегда на год вперед. Была применена общая зависимость следующего вида:

$$Y = f(e_1X_1 + e_2X_2 + e_3X_3 + e_4X_4). \qquad (173)$$

Так как осадки будущего года (X_1) (для этой формулы) каждый год были неизвестны и опираться на их прогнозы было невозможно, то вычислялись каждый год лишь известные величины $e_2X_2 + e_3X_3 + e_4X_4$, и эти известные суммы сопоставлялись с притоком воды в следующем году по известным данным прежних многолетних наблюдений. Получилась зависимость, изображенная на рис. 28. Она определила ту нужную (левую) границу гарантированных величин притоков воды, меньше которых не будет притока воды в следующем году. Эти величины гарантированных притоков оказались в пределах 125—380 мм, а в среднем около 220 мм, в зависимости от известной предшествующей ситуации по осадкам. Это — чистый приток воды, за вычетом всех потерь на испарение, уход в чужие водосборы и т. п.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Стало ясно, что высохнуть это озеро и вытекающая из него река не могут в данной климатической зоне даже при самых малых, мыслимых здесь атмосферных осадках. Стало ясно также, что если осадки в три известные года были очень большими, то приток воды в следующем году будет непременно большим, порядка 380 мм, т. е. близким к самой большой известной величине (405 мм).

Эта зависимость получена из анализа годовых атмосферных осадков и годового притока. Более детальный анализ осадков и притока воды позволит вскрыть еще более точные закономерности.

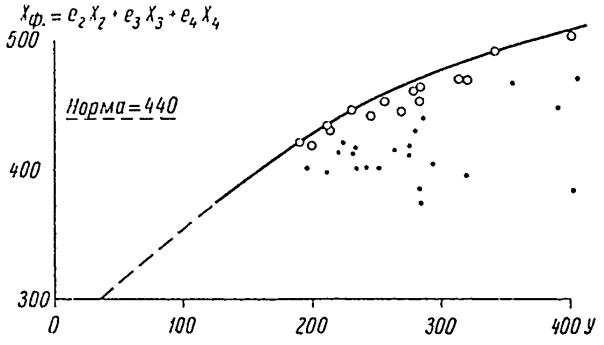


Рис. 28. Соотношение для прогноза гарантированных самых малых годовых притоков воды в каждом будущем году (т. е. на год вперед).

Мелкие черные кружки — точки, характеризующие все другие величины притока воды, бо́льшие, чем гарантированные самые малые.

Замена величин преобразованных атмосферных осадков величинами притоков воды за те же интервалы времени и использование этих данных

Для решения этой задачи можно применить любое соответствующее уравнение.

Наиболее простым видом такого уравнения может быть следующий тип (в отклонениях от нормы):

$$\Delta Y_{ф.} = e_1\Delta X_1 + e_2\Delta X_2 + \ldots + e_m\Delta X_m. \qquad (174)$$

В нем величины $e_1\Delta X_1$, $e_2\Delta X_2$ и т. д. являются частями общего притока воды (Y).

Поэтому уравнение (174) можно представить так:

$$\Delta Y_{ф.} = \Delta Y_1 + \Delta Y_2 + \ldots + \Delta Y_m, \qquad (175)$$

где $\Delta Y_{ф.}$ — искомый функционально выраженный суммарный приток воды в рассматриваемый интервал времени, ΔY_1 — та часть суммарного притока воды (Y), которая поступила от атмосферных осадков за рассматриваемый интервал времени, ΔY_2 — то же, что и ΔY_1, но от осадков за предыдущий интервал времени, ΔY_m — часть суммарного притока воды от атмосферных осадков m-го предшествующего интервала времени.

В остальном с уравнением (175) можно поступать совершенно так же, как и с преобразованными величинами атмосферных осадков.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Один из примеров такого использования частей притока воды по формуле (175) для определения суммарного притока воды приведен на рис. 29, а на рис. 30 и 31 изображены выработки гидроэлектроэнергии, которые можно предвидеть за год вперед, зная все эти части притоков воды или значительную часть их.

Атмосферные осадки как реперы ряда явлений

Репером в топографии называется устойчивая точка, поверхность (соответствующее сооружение, устойчивый уровень[1] и т. п.), пользуясь которой можно определять высотное положение нужных других мест на земле. В этих целях топографический репер является базой, основой, исходным началом всяких топографических высотных исследований.

Базой, или своего рода реперами, для плановых топографических исследований можно считать триангуляционные пункты. Без них топографические съемки не будут должным образом увязаны между собой, вследствие чего полностью или частично утратят свое значение.

Так же в ряде случаев обстоит дело и с оценкой водных ресурсов. Если речное русло изменяется (размывается или намывается естественным образом или искусственно), если болота в водосборе осушаются, леса вырубаются или насаждаются, луга распахиваются или создаются вновь и т. д. и т. п., — все это оказывает свое влияние на водные ресурсы и даже на методику учета их. За размываемым руслом и мутным водотоком приходится следить иными средствами и методами и чаще, чем за устойчивыми; осушен-

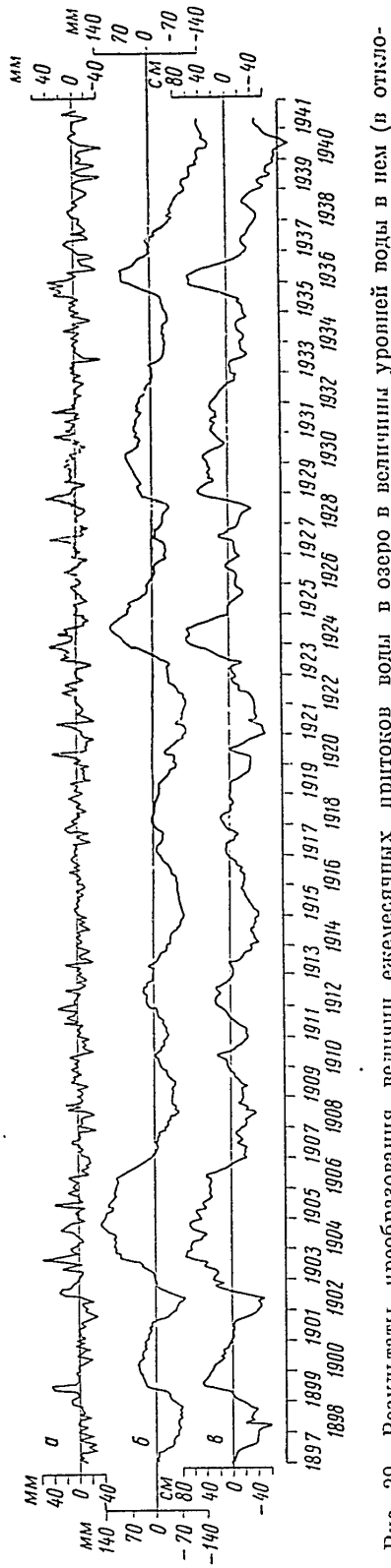


Рис. 29. Результаты преобразования величин ежемесячных притоков воды в озеро в величины уровней воды в нем (в отклонениях от нормы).

а — приток воды, *б* — преобразованный приток воды, *в* — уровни воды.

[1] От среднего многолетнего уровня Балтийского моря, так называемого Кронштадтского футштока, ведутся в СССР все исчисления абсолютных отметок местности.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

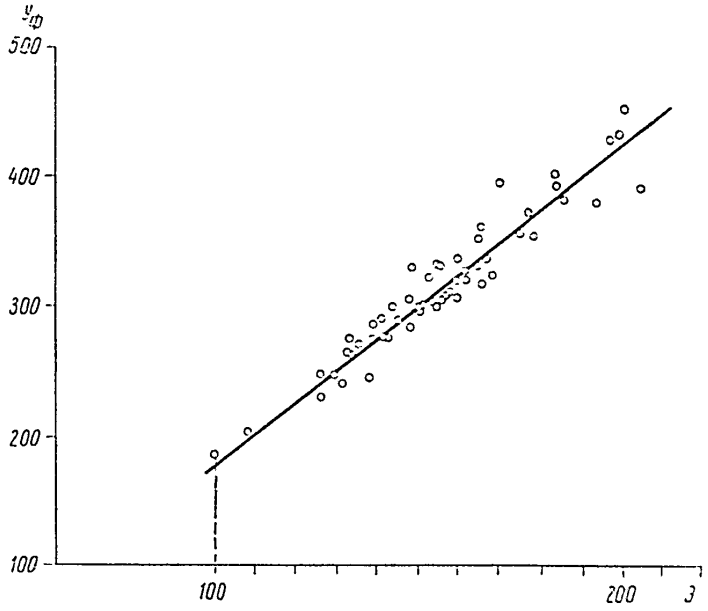


Рис. 30. Соотношение между преобразованными притоками воды ($\Delta Y_ф$, в мм) и выработками гидроэлектроэнергии (Э в % от минимальной). (Приняты следующие коэффициенты преобразования: для притока воды данного года — 0.50, 1 года назад — 0.35, 2 лет назад — 0.15).

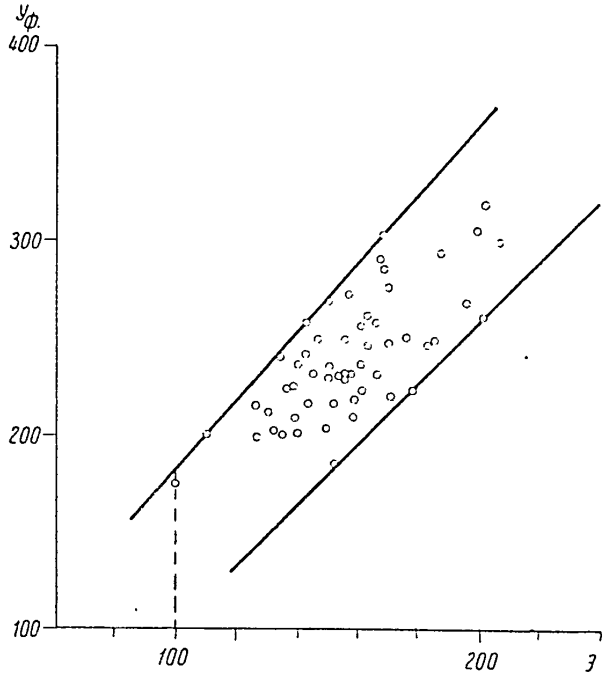


Рис. 31. Соотношение для прогнозов выработок гидроэлектроэнергии (Э в % от минимальной) на год вперед при отсутствии прогнозов погоды.

Притоки воды за предыдущие годы известны и взяты со своими коэффициентами влияния; неизвестный приток воды в прогнозируемый год принят равным наименьшему за все известные годы по многолетним наблюдениям).

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

ные грунты задержат больше атмосферной влаги по сравнению с неосушенными; облесенные районы дадут иной сток воды, чем необлесенные, и т. п. К сожалению, для оценки происходящих изменений существующие методы в большинстве своем практически мало доступны; во многих случаях вообще всякая методика отсутствует.

Автор считает, что правильно охарактеризованные атмосферные осадки больше, чем что-либо другое, могут помочь в ряде расчетов по оценке водных ресурсов. Они могут быть теми именно реперами, от которых надо исходить.

Приведем несколько примеров.

1. Встречаются вычисленные без должного анализа объемы воды в реках, превосходящие объемы атмосферных осадков в водосборе, которые обусловили эту речную воду. Происходит это потому, что авторы таких расчетов не сопоставляли полученные данные с осадками. Сделав это, они могли бы заметить допущенные ошибки.

2. Часто очень трудно установить действительные величины протекающей воды в реках по причине слишком сложного режима водоема. Это имеет место в зажорных и заторных реках, в реках с размываемым и намываемым руслом, в реках с очень большими поймами, трудно осваиваемыми современной измерительной техникой, в реках, текущих весной в лесах, кустарниках, со слишком сложным направлением течения, с большим волнением при ветре, и т. п.

Обычно в такой обстановке определяют очень спорные величины протекающих объемов воды, и чем-либо проверить их не удается: нет иных надежных методов.

Метод преобразования атмосферных осадков в ряде случаев позволяет самостоятельно подойти к этому вопросу, и это обнаруживается иногда уже из первого внимательного обзора преобразованных осадков.

В самом деле, если преобразованные осадки, как это указано на рис. 8, идут сначала, совпадая с ходом обусловленных ими уровней воды, а затем начинают систематически отклоняться, значит, этому есть соответствующая причина или причины.

Какие же это могут быть причины?

1. Неверны данные об осадках; но тогда эти данные дадут неверные результаты и для других водоемов этого водосбора. Если же на самом деле этого нет, т. е. если эти же осадки для других водоемов этого же водосбора дают синхронные и не уклоняющиеся в сторону (не раздвигающиеся) результаты, — значит осадки эти верны.

2. Неверно наблюдены уровни; но если и всякие другие уровни (например по многим пунктам в одном и том же озере) дают те же результаты, т. е. после известной даты замечается систематический раздвиг сопоставляемых характеристик, — значит уровни верны.

3. Происходит систематическое изменение условий протекания воды в русле, например углубление русла. Тогда уровни воды в реке будут систематически понижаться с течением времени при тех же пропускаемых объемах воды. Это вполне правдоподобно само по себе и еще более становится обоснованным, если затем удается подтвердить эти обоснования данными литературных источников, архивными материалами или путем словесного опроса.

4. Если анализа одного постоянного или переменного во времени обстоятельства недостаточно для оправдания систематически наблюдающегося расхождения сопоставляемых характеристик, можно допустить и другие благоприятствующие указанному явлению обстоятельства: изме-

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

нение озерности водосбора, осушение болот, превращение лугов в пашни, изъятие воды на ирригацию и т. п.

В этом случае численно неясна может быть роль каждого фактора, но совокупность их ясна: она приводит к систематическому изменению с течением времени уровней рассматриваемого водоема. А это очень важно знать и своевременно учесть для принятия соответствующих мер.

Во всех перечисленных и многих других вопросах атмосферные осадки могут помочь выявить неверные данные, обнаружить желательные или нежелательные изменения водного режима, наметить правильные меры к оптимальному использованию водоема, устранить пагубные последствия тех или иных мероприятий в водосборе или водоеме.

ВЫВОДЫ

Мы описали теоретические основы и некоторые пути численного преобразования величин атмосферных осадков для решения ряда практических задач. Этими примерами, конечно, не исчерпываются все способы их решения.

Главное, что вытекает из произведенных исследований, заключается в следующем.

1. Нужно более смело и более широко переходить на непосредственное изучение причин образования водных ресурсов страны, происходящих от атмосферных осадков. Данные для такого подхода к вопросу имеются по ряду водосборов.

2. Водоемы и водосборы, недостаточно еще исследованные для возможности применения изложенной методики, можно изучать и прежними и новыми подходящими методами в отношении измерения фактических величин, анализировать же явления необходимо по-новому.

3. Изучение водоемов и водосборов по предлагаемому методу позволит, по мнению автора, вскрыть некоторые существенные ошибки в старых методах, яснее представить прошлое, настоящее и будущее ряда водоемов, теснее сблизить географию с другими сопредельными науками и дисциплинами, выявляя новые факты и закономерности в очень важном деле лучшего познания водных ресурсов нашей страны и более рационального их использования.

Литература

Быдин Ф. И. (1946). Трансформирование величин атмосферных осадков в уровни Каспийского моря. Изв. Всес. Геогр. общ., 3. — Быдин Ф. И. (1948). Трансформирование величин атмосферных осадков в гидрологические характеристики. Тр. II Всес. Геогр. съезда, т. II. — Быдин Ф. И. (1949). О водных ресурсах СССР, их изучении и использовании. Изв. Всес. Геогр. общ., 2. — Великанов М. А. (1937 и 1948). Гидрология суши. М.—Л. — Великанов М. А. (1940). Водный баланс суши. М.—Л. — Воейков А. И. (1884). Климаты земного шара, в особенности России. СПб. — Гришанин К. В. (1940). К вопросу о методах учета регулирующего влияния водохранилищ. Тр. Ленингр. инст. инж. водн. трансп., вып. 12. — Огиевский А. В. (1936). Гидрология суши. М. — Поляков Б. В. (1946). Гидрологический анализ и расчеты. М. — Саваренский Ф. П., Т. П. Афанасьев (1946). Водные ресурсы Среднего Поволжья и их использование. Совет по изуч. производ. сил АН СССР. М. — Цимбаленко Л. И. (1918). Цит. по: сб. «Исследования реки Невы и ее бассейна», вып. 4, 1926, изд. Гос. Гидролог. инст., стр. 27. — Sherman L. K. (1932). Stream flow from rainfall by the unit-graph method. Eng. News. Record., v. 118. — Sherman L. K., R. T. Zach and M. Bernard (1939). Analysis of runoff characteristics, discussion. Amer. Soc. Civ. Eng. Proc., 65 (3). March.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

1954 · ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ СБОРНИК · VI
ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО СОЮЗА ССР

Б. Л. ЛИЧКОВ

О ЗАКОНЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ В. В. ДОКУЧАЕВА В ПРИМЕНЕНИИ К ГРУНТОВЫМ ВОДАМ И О СТЕПЕНИ ПОДЧИНЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ ОСТАЛЬНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

I

«К концу своей жизни, в трепетной борьбе с одолевавшим его недугом, — писал В. И. Вернадский в статье, посвященной памяти Докучаева (1922), — выдвинул он так называемый закон зональности», под которым он понимал «совокупность различных явлений, находящихся между собой в связи и составляющих гармоническое целое и вместе с тем подчиненных определенным широтным зонам на земном шаре». Этот закон блестяще оправдал себя на целом ряде явлений, которые объединились в стройную четкую систему. Данные географии, климатологии, ботанической географии, а равно типы и структуры почв — все это закон объединял и связывал в одно целое.

Оригинальность мысли Докучаева в том, что ту самую зональность, которая и до него уже многими сознавалась для ботанических, зоологических и климатологических явлений, он связал с новыми природными явлениями — почвами — и сделал их центральным звеном всего явления зональности, показав, что именно они — индикатор зональности, концентрированное выражение зонального ландшафта. Это было внесение нового звена в огромный круг явлений, охватываемых зональностью. Однако это еще не предел, и ясно, что в полной мере понять зональность в общем значении ее для планеты можно, лишь еще дальше углубившись в бесконечный цикл явлений окружающей природы.

Если почвы зональны, то в связи с циркуляцией в них воды и переходом почвенных вод в грунтовые и наземные возникает вопрос, зональны ли воды и в какой степени они зональны?

Решая этот вопрос, надо учесть, что все природные воды составляют нечто единое, они связаны между собой и далеко проникают вглубь Земли. Если ввести воды в круг идей зональности, то в связи со сказанным это значит поставить вопрос о глубине проникновения в земную кору с поверхности зональных влияний и далеко расширить рамки проявлений зональности, которые приводил Докучаев. Его продолжатели Г. Н. Высоцкий и П. В. Отоцкий хорошо сознавали, что грунтовые воды зональны, как зональны и воды поверхностные. Идеи их вошли в жизнь главным образом усилиями В. С. Ильина (1930), В. В. Алабышева (1932) и других исследователей в виде довольно простых

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

географических схем, которые для грунтовых вод не охватили еще даже всей планеты. Поэтому до последнего времени неясным оставалось принципиальное значение подчинения закону зональности природных вод. Между тем знание этого значения позволяет уже сейчас итти от Докучаева дальше.

Ясно, что широтные зоны представляют зоны не только самой поверхности Земли, но проникают внутрь планеты довольно глубоко. Мы привыкли думать, что зоны — явление совсем поверхностное и что «недр» они не охватывают. Теперь мы все больше приходим к выводу, что и «недра» от этих широтных зон не свободны, и в этом нас убеждают факты, относящиеся к природным водам.

Начнем наше изложение с рассмотрения горизонтальной зональности грунтовых вод в пределах территории Русской равнины.

II

В свое время схема районов грунтовых вод, данная В. С. Ильиным (рис. 1), представляла большое принципиальное завоевание и шаг вперед в трактовке этих вод, хотя и носила черты известной примитивности, и принять ее можно было лишь как основной принцип. Она нуждалась в очень серьезной дальнейшей проработке. Эта проработка, однако, до сих пор не сделана, а между тем она нужна, ибо у схемы есть ряд недостатков, которые надо устранить. Кое-что исправила статья О. К. Ланге, но она просто добавила к схеме В. С. Ильина новую зону вечной мерзлоты. Этого, однако, было совершенно недостаточно. Схема нуждалась во внутренней переработке.

Следует отметить такие недостатки схемы В. С. Ильина. Совершенно неправильно зона высоких грунтовых вод севера направлена им на западе к югу и охватывает местность до Приятского полесья. В действительности до Полесья эта зона, конечно, не доходит и должна заканчиваться где-нибудь в районе Витебска—Полоцка.

Так называемая «зона неглубоких оврагов», охватывающая район Москвы, едва ли заслуживает выделения в особую зону. На карте видно, что на востоке она обрывается, не доходя до Урала, а на западе заканчивается у Вязьмы—Калуги. Можно думать, что это не зональная полоса, а элемент незональный — Среднерусская возвышенность; таким образом, это вовсе не зона, а незональный участок. Для обоснования же зональности его следовало бы проследить и дальше на восток и на запад, в Западную Европу. Думаю, однако, что «зона» эта такого испытания не выдержит.

В качестве незональных грунтовых вод В. С. Ильин учитывал территорию болотных вод, залегающих на уровне земной поверхности. Стоит взглянуть на карту В. С. Ильина, как придется придти к выводу, что эта полоса, включающая в себя несколько зон северной части страны, не распространяется на четыре южные зоны глубокого залегания грунтовых вод, но охватывает зоны северные. Следовательно, эта полоса зональна и охватывает несколько зон.

Последняя частная ошибка В. С. Ильина особенно типична, и она ярко выявляет основную принципиальную общую его ошибку — недостаточную увязанность его зон с геоморфологией Русской равнины. Все эти «высокие грунтовые воды», «воды, близкие к поверхности», «глубоко залегающие воды» и «очень глубоко залегающие воды», а равно зоны «глубоких оврагов», зоны «овражно-балочная» и «балочная»

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

являются чисто эмпирическими данными и геоморфологически не обоснованы.

В основном северные зоны схемы В. С. Ильина, отвечающие его полосе болотных вод, — это ледниковая часть Русской равнины. Остальные зоны представляют приледниковую часть равнины. Выделение этих двух частей было сделано В. П. Семеновым-Тян-Шанским (1915) и, несомненно, связано с гораздо более ранними замечательными мыслями С. Н. Никитина (1885), а также В. Д. Ласкарева (1916) о двух рельефах на территории Русской равнины. С. Н. Никитин предложил рельеф севера называть моренным, а южный внеледниковый — эрозионным. У В. Д. Ласкарева это приобретает форму противопоставления южного долинного рельефа насаженному северному.

В. С. Ильину следовало согласовать свое районирование с общим геоморфологическим делением, тем более, что его районирование в эти основные подразделения уложить нетрудно. Упомянутые два подразделения, из которых в северное входит якобы незональная полоса болот, недостаточны. П. А. Тутковский настаивал давно на существовании трех основных ландшафтов, связанных на Русской равнине с оледенением: моренного, зандрового и лёссового. Он писал о зональности ландшафтов Волынской губернии (1910), а позже всей Украины (1922), причем на его карте, приложенной к этой последней работе, выделенные им зоны доведены до Волги и уходят за Волгу, так что ими охвачен весь юг Русской равнины. Если сопоставить эту карту с картой В. С. Ильина, то нетрудно видеть, что северная граница лёссовой полосы П. А. Тутковского проходит так, что полоса эта охватывает три южные зоны грунтовых вод В. С. Ильина. Сравнение карт Тутковского и Ильина показывает, что четыре северные зоны Ильина совпадают с областью распространения оледенения; это — территория моренного ландшафта Тутковского. Это очень поучительно. В четырех южных зонах вне области оледенения долины глубоки, и это как раз отвечает «эрозионному» (по Никитину) и «долинному» (по Ласкареву) рельефу южной зоны, области распространения лёсса. Наоборот, мало расчлененному рельефу севера («аккумулятивному», по Ласкареву) отвечают четыре северные зоны В. С. Ильина, целиком охватывающие полосу оледенения. Полагаю, что это геоморфологическое обоснование зон Ильина совершенно необходимо, и можно пожалеть, что он сам его не сделал.

Однако этого еще недостаточно, и нужно итти дальше. В предыдущем изложении говорилось лишь о моренном и лёссовом ландшафтах Тутковского, т. е. о ледниковом и внеледниковом, но ничего не говорилось о ландшафте зандровом.

Надо заметить, что П. А. Тутковский неверно понял этот ландшафт и, как мы увидим, неправильно истолковал его генезис. На его карте (1922) ландшафт этот выступает не в виде зоны, а имеет вид двух пятен, что неправильно.

Верную характеристику этой зоны зандров мы находим в работе Н. М. Усова и В. Н. Хитрово (1923). Авторы считают, что этот ландшафт является ландшафтом «пониженных песчаных равнин у южной границы ледника». В другом месте они говорят о «зандровых низменностях». Равнины связаны с реками, долины которых выработались еще в доледниковое время. Эти равнины еще теперь медленно текущими поверхностными водами склонны к обширному заболачиванию и покрыты по преимуществу сосновыми борами. «Самыми известными

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

из местностей с таким ландшафтом на Русской равнине являются зандры в районе Припяти». Это, пишут Н. М. Усов и В. Н. Хитрово, — полесье Волынское и Минское, которое следует называть Западным полесьем, потому что имеется полесье Восточное — Десенское, Брянское, Жиздринское. «Недаром, — говорит авторы, — жители Жиздринского уезда называются полехами, недаром площадь, откуда они привозят свой лесной товар в Орел, называется „Полесской"». Названием «Полесье» пользовался для Жиздринского уезда и И. С. Тургенев. Это широкое распространение зандрового ландшафта опровергает тех географов, которые под названием «Полесье» подразумевают одни западные зандры, ибо слово «полесье» и в отношении к лесам брянских зандров имеет полное применение. Точно такое же полесье, со всеми присущими ему признаками, находим мы и дальше к северо-востоку, если будем двигаться по окраине чернозема. Там оно известно под названием «Мещорка, или Мещорская сторона» и находится на низком левом берегу р. Оки против Рязани по направлению к Владимиру. Это знаменитые Муромские леса.

Очень интересно указание Н. М. Усова и В. Н. Хитрово, что через долины Вытебети, Навли и Неруссы воды зандровых рек бассейна Десны связываются с бассейном Оки. Они связываются и с бассейном Припяти. По мнению авторов, доледниковая Ока, когда сток ее на север был загражден льдами, несла свои воды на юг, в Десну. Таким образом, вдоль края ледника — от Припяти до Волги — намечается широтно-зональная система рек и пензменностей. Это целая зональная полоса, которую совсем пропустил в своей схеме В. С. Ильин, при этом полоса характерная, обладающая своеобразной геоморфологией и ландшафтом.

Геоморфология этой долинно-зандровой зоны, ее геоморфологическое положение были детально проработаны нами в ряде работ с 1928 по 1933 г. (1928, 1929, 1930, 1931, 1932). Мною было указано (1928, 1928в), что на территории Полесья потому именно нет террас, что она в целом, представляя собой широкую котловину, является территорией одной второй террасы р. Припяти и ее притоков. К тому же выводу одновременно пришел Д. Н. Соболев (1928). Он писал: «В Полесье нет террас потому, что все они, исключая моренный пояс, представляют сплошную террасу». Ширина этой террасы превосходит 200 км. В нескольких работах мне удалось показать ступенчатость краев Припятского полесья и окаймление его почти по всей периферии уровнем высоких террас, за которыми следует плато (Личков, 1928, 1931). Окружающие высоты плато поднимаются над Полесьем на 100—150 м.

Плавни Припятского полесья (Личков, 1927а), не представляют собой чего-нибудь одинокого на территории Восточной Европы, а являются фрагментом целой полосы их, «протянувшейся от Польши до Урала, а за Уралом до Енисея». Помимо известного уже нам Припятского полесья имеются, с запада на восток, «полесье Десенское и Окское, низины Мещорская, Балаханская, Мокшинская, Ветлужская, Сурская, Казанское Закамье и, наконец, расширения долины Камы у Перми (ныне Молотов) и у Соликамска. Продолжением этой полосы являются Васюганье, Бараба, Кулундинская степь» (Личков, 1928д). Все эти впадины были соединены между собой протоками, в разные фазы действовавшими, а потом отмиравшими, так что в пределах Русской равнины была сплошная зона полесий. Позже я дал карту (1930в), на которой изображено распространение полесий во всем северном полушарии. В Германии и Польше имеются своеобразные продолжения

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

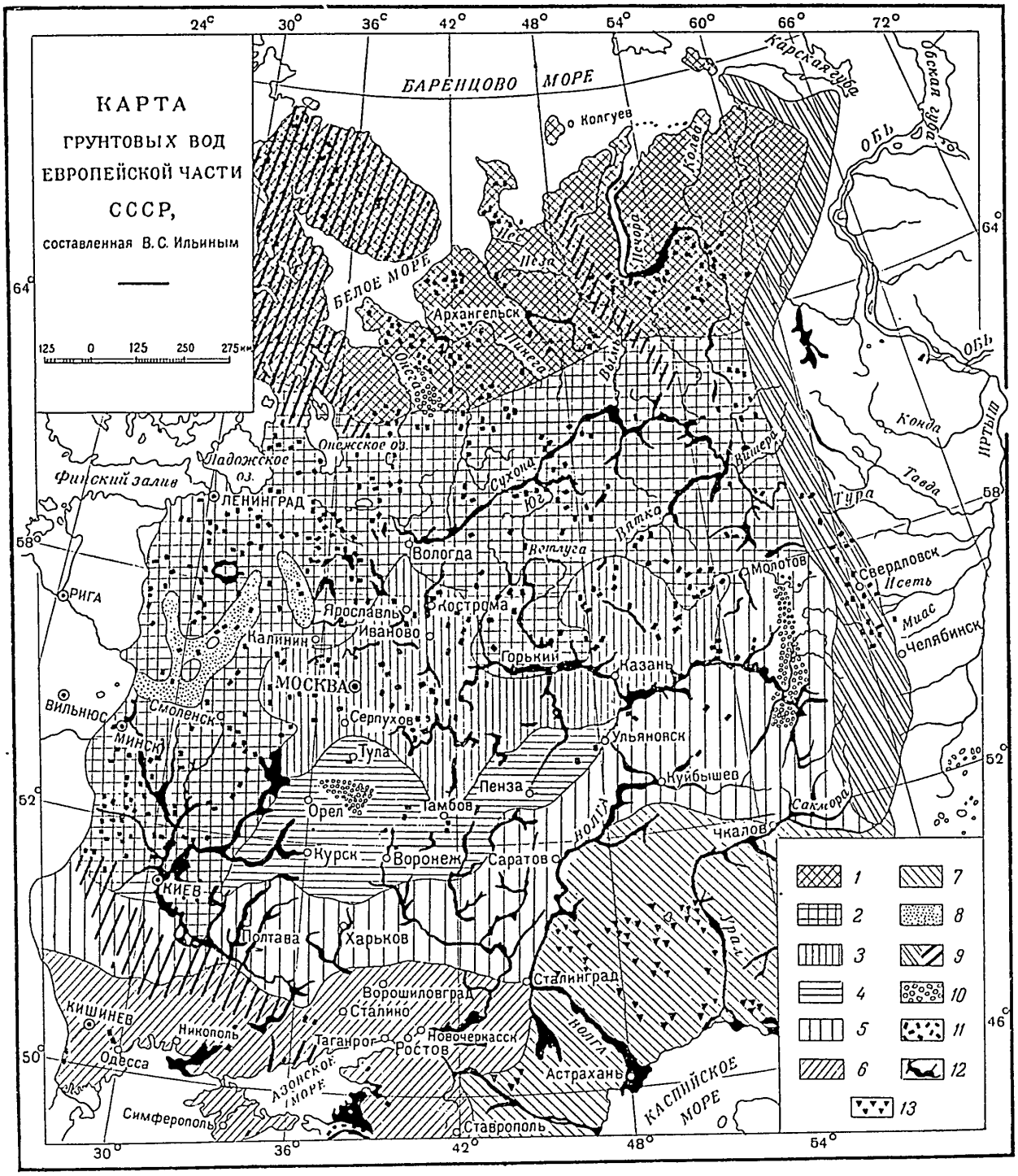


Рис. 1.

Зональные грунтовые воды: *1* — зона тундровых вод, *2* — зона высоких вод севера, *3* — зона неглубоких оврагов, *4* — зона глубоких оврагов, *5* — зона овражно-балочная, *6* — зона причерноморских балок, *7* — зона прикаспийских балок. Азональные грунтовые воды: *8* — области конечных морен, *9* — области массивных пород, *10* — области карста, *11* — области болот, *12* — аллювиальные воды, *13* — области солончаков.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

русских полесий — Zastoiska польских геологов, Uhrstromthal'en — немецких. Таким образом, мной было дальше развито то, что начали Н. М. Усов и В. Н. Хитрово.

К моим взглядам на полесья присоединился Н. И. Кригер (1936). Он подтвердил эти мои идеи для Мещорской низины, указав, что Мещора в целом лежит в пределах высот террас Клязьмы, Москвы и Оки и, следовательно, поверхность ее надо считать террасой. Террасы эти в ширину достигают многих десятков километров. А. И. Соловьев (1949) согласился с Кригером в том, что проблема генезиса Мещоры, — это проблема широкого развития террасовых уровней. Болота здесь занимают около 35% поверхности. Толща четвертичных отложений невелика, 7—10 м, так что коренные отложения расположены близко к поверхности.

А. А. Крубер (1897) в свое время определил Мещору как страну типа сосновых боров, болот и озер. Относительно максимальных высот, ее оконтуривающих, поверхность Мещоры понижена на 140—170 м и, по выражению А. И. Соловьева, исключительно равнинна, однотонна и падает медленно с запада на восток от 120 м на окраине Москвы до 114 в центре (начиная у оз. Великого) и 100—85 м в бассейнах Судогды, Колпи и Гуся.

Ветлужское полесье, расположенное восточнее, характеризуется теми же чертами. В свое время С. Н. Никитин об этом полесье писал, что оно скучно для геологических исследований, ибо нет обнажений. У самой Волги находится Кузнецкое полесье, которое характеризуется теми же особенностями.

Сейчас можно считать твердо установленным, что широкая полоса главных полесий, местами суживающаяся, а потом опять расширяющаяся, есть действительно явление зональное и созданное водами (рис. 2).

Мы упоминали уже, со слов В. Н. Хитрово и Н. М. Усова, о том, что И. С. Тургенев хорошо выделил в ландшафте родной ему Орловской губернии территории с полесским ландшафтом. В его «Записках охотника» есть страницы, посвященные характеристике Жиздринского полесья, есть и страницы, где он описывает «полехов» — людей, живущих в Полесье. Но нам, пожалуй, сейчас интересно не это, а самый факт, что он сумел охватить Полесье в его своеобразии и немногими словами выразить его сущность и произведенное им впечатление. Вы помните его знаменитый чудесный рассказ «Поездка в Полесье». Он писал там так: «Вид огромного, весь небосклон обнимающего бора, вид Полесья напоминает вид моря. И впечатления им возбуждаются те же; та же первобытная, нетронутая сила расстилается широко и державно перед лицом зрителя... Но лес однообразнее и печальнее моря, особенно сосновый лес, постоянно одинаковый и почти бесшумный. Море грозит и ласкает, оно играет всеми красками, говорит всеми голосами; оно отражает небо, от которого тоже веет вечностью, но вечностью как будто нам не чуждой»...

Своими лесами, болотами, своими колоссальными песчаными накоплениями, единством своего незабываемого ландшафта Полесье поразило не одного Тургенева, а поражало всякого, кто в нем бывал. Возникли всякие предположения по поводу того, как это своеобразное сочетание явлений могло создаться на фоне этого монотонного равнинного рельефа. Обилие песков здесь толкало некоторых исследователей на мысль о том, что здесь когда-то была пустыня. Теорию об этом

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

на протяжении ряда лет развивал П. А. Тутковский. В песчаных нагромождениях различной формы он увидел барханы пустынь, и в частности полисинтетические барханы. Учитывая существование этих барханов, сопоставляя их со следами работы ветра — коррозией скал овручского песчаника, с наличием пирамидальных валунов, каменных россыпей и, наконец, с наличием трехкрайников, получившихся вследствие растрескивания валунов и галек и последующей полировки их ветром, он развил целую теорию ископаемой пустыни, которая якобы была на месте Полесья. Ветры, которые создали эту пустыню, дули с севера, с ледника. П. А. Тутковский развил теорию о том, что с ледника дули теплые сухие ветры — фены — и они-то и создали в Полесье барханы. Тутковский предполагал, что эти ветры доходили до Кавказа, захватили там растение Azalea pontica и принесли его семена в Полесье. Барханы, по мысли Тутковского, созданы, таким образом, юго-восточными ветрами.

Иная точка зрения на этот вопрос была изложена в моих работах о Полесье. Здесь шаг за шагом рассмотрены эти идеи П. А. Тутковского и Полесью дано совершенно иное объяснение. Не буду подробно излагать эти свои доводы и укажу лишь главные положения. Удалось доказать, что по окраинам Полесье ступенчато и что на этих окраинах можно выделить несколько денудационных уровней: плато высотой до 300 м, третью террасу высотой 170—180 м и вторую террасу высотой 150—160 м. Удалось продолжить профили Тутковского (1913) и обнаружить эти самые уровни. А в отношении толкования уровней было показано, что самая выровненность эта только и может быть следствием деятельности воды на обширных просторах. Оказалось, что равнины и пойменной террасы, и террасы второй, и, наконец, террасы третьей — это огромные аллювиальные равнины, созданные блужданием Припяти и ее притоков на огромных просторах. Пески же, в которых Тутковский видел барханы, — это в большей части своей террасовые валы, созданные движением вод по террасам и главным образом по вторым террасам. Частично они перестроились вследствие работы ветров, по преимуществу западных, и превратились в дюны. Настоящих же барханов здесь нет. Последний вывод о наличии здесь дюн, а не барханов был сделан польскими геологами [Ленцевич (Lencewitz, 1922) и др.] и частично нашим соотечественником К. К. Марковым (1929). В целом получился тот взгляд на Полесье, который, как выше было указано, был сформулирован мною и Д. Н. Соболевым.

Я хочу привести здесь маленькую иллюстрацию того, насколько все же навязчивы идеи о связи Полесья с пустыней и насколько правильнее водное, а не эоловое его толкование.

У одного из классиков нашей геологической мысли, акад. Н. И. Андрусова, есть интересная статья «Следы палюдиновых пластов юга России» (1907). Палюдиновыми пластами Н. И. Андрусов назвал палюдиновые отложения востока Европы, отвечающие так называемым левантинским отложениям, иначе говоря, пласты эти относятся к плиоцену и притом нижнему. Как доказывал Н. А. Григорович-Березовский, эти пласты хорошо развиты в Румынии и из нее переходят в Бессарабию. Они же найдены были в 1902 г. В. В. Богачевым по р. Салу. Но нигде между Бессарабией и Салом они долгое время известны не были. Однако в 1907 г. Д. Судовским они были найдены на Волге, в Волчьей балке около Самары. Изучив их форму, Андрусов счел эти отложения эквивалентом палюдиновых пластов Румынии и Славонии и отнес на этом основании «по крайней мере часть толщи к плиоцену».

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

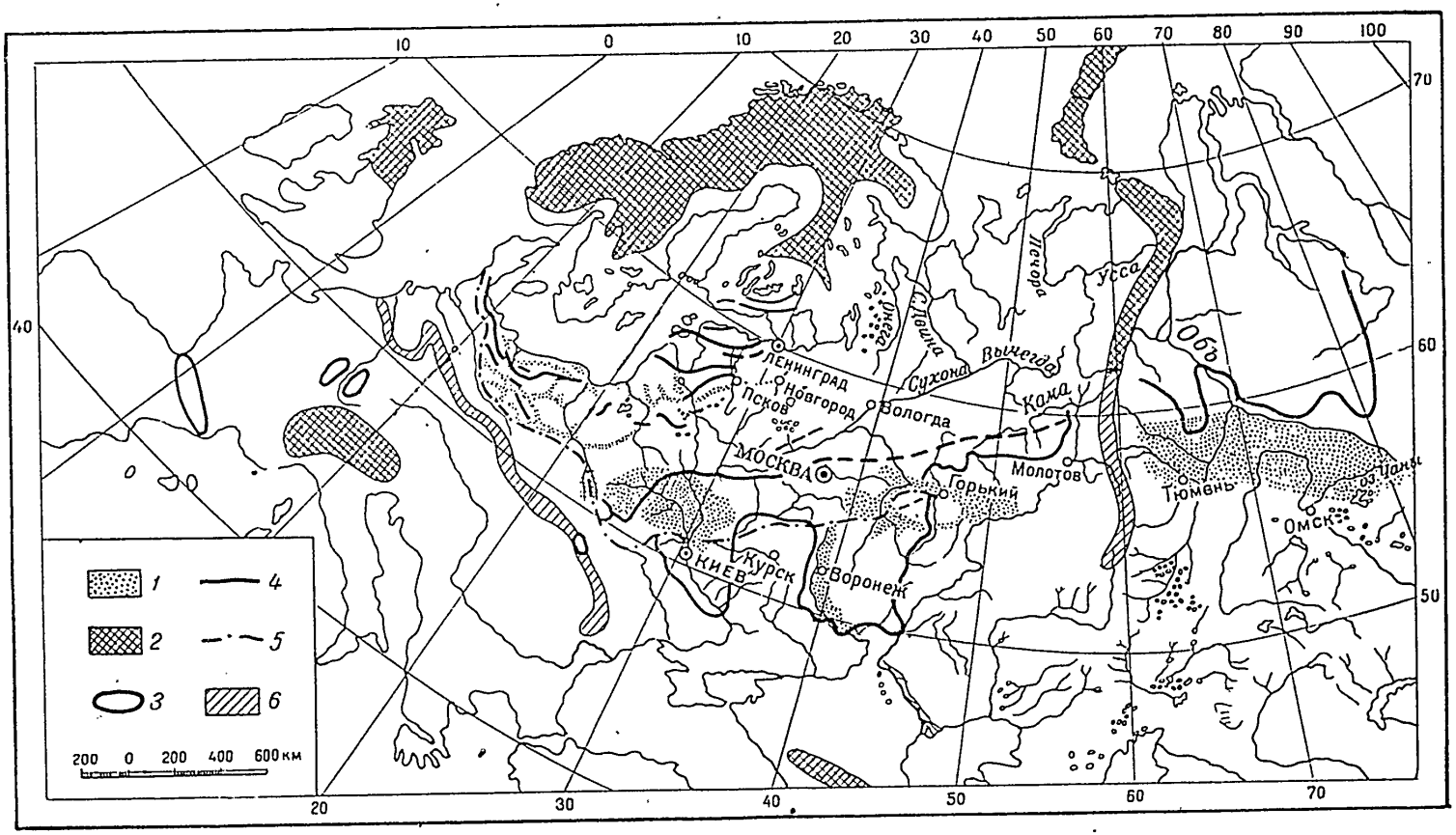


Рис. 2. Схематическая карта зональных расширений речных долин в ледниковые эпохи.

1 — долинные эандры (расширения речных долин, связанные с оледенениями Полесья), *2* — центрально-ледниковые районы, *3* — мелкие центры оледенений, *4* —граница распространения ледников и линии конечных морен, *5* — приблизительная граница северного и южного ландшафтов, *6* — среднеевропейские горы и Урал (для среднеевропейских гор — северная граница).

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9
Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Он сблизил их потом с отложениями Омска на Иртыше (1907, стр. 407). Андрусов обратил внимание и на то, что теперь такая фауна живет в реках Китая. Вывод из этих фактов он сделал такой: «Когда-то в реках южной России и Сибири жила, повидимому, фауна моллюсков, напоминающая современную китайскую; фауна эта, очевидно, являлась наследием плиоценовой фауны востока Европы. Наступление ледникового периода оттеснило ее постепенно к югу и даже уничтожило на юге ту пресноводную фауну, которая, очевидно, сложилась в верхнетретичную эпоху на северном Европейском континенте». Поясним это Андрусов следующим замечанием: «Многие из современных видов пресноводных моллюсков Палеарктической области весьма древни». Вот эти-то именно фауны пресноводных моллюсков, «населяющих теперь Северную и Среднюю Европу», и пришли в реки, по Андрусову, на смену вытесненной плиоценовой фауны. Далее Н. И. Андрусов пишет (1907, стр. 407): «При возвращении к климатическим условиям, более похожим на доледниковые, обратная миграция китайских моллюсков в Европу стала невозможной, вследствие возникновения поперек Евразии пояса пустынь».

Много лет назад, в связи с этим замечанием Андрусова, меня заинтересовал вопрос о том, как же проходил этот пояс пустынь и когда он создался. Ботаники (М. Г. Попов и др.) определенно говорят, что пояс пустынь в плиоцене уже существовал. Значит, это не новое послеледниковое явление, как освещает его Андрусов. Далее возникает другое недоумение. Если принять, несмотря на только что сказанное, эту мысль Андрусова, то ясно, что пустыня Гоби отделяла от Китая Сибирь. Но какая пустыня могла отделить северную и среднюю Россию от Бессарабии и Румынии. Ясно, что если была здесь такая пустыня, то только та, которую, как мы видели, постулировал П. А. Тутковский в своих многочисленных работах, —пустыня Полесья. Очевидно, данное Тутковским толкование Полесья повлияло и на воззрения Н. И. Андрусова.

На самом деле пустынь здесь определенно не было, и вся эта территория представляет интерес потому, что именно здесь развертывались события, определившие широкое распространение и развитие в реках новой фауны взамен той, которую изгнало оледенение.

Как я указывал (1928д), история появления этой новой фауны сводится к следующему: «В Паннонском и Славонском бассейнах, а также, добавим, в Китае и Америке, существовало значительное количество скульптурных разновидностей палюдин, которые к концу периода вымерли совершенно». На стр. 41—51 работы «О террасах Днепра и Припяти» (1928д) мной была рассмотрена палеонтология этих террас, т. е. их характеристика по палюдинам. Там выявлено, что полесские территории с их тенденцией к широтному распространению при взаимной связанности отдельных фрагментов сыграли в значительной мере роль тех резервуаров, через которые по большим ложбинам стока палюдины распространялись по всем рекам юга. В противоположность П. А. Тутковскому, видевшему здесь только пустыни, и Н. И. Андрусову, который допускал, что пустыни перегораживали дорогу рекам и прерывали их, надо определенно сказать, что запасы и накопления наземных вод в этих больших разливах были огромны.

Как мы уже говорили, полесья Русской равнины продолжались за Урал, их продолжением являются Васюганье, Бараба, Кулундинская степь, а на западе Европы это явление мельчало. Однако и здесь длинная полоса долинных «зандров» протягивалась далеко на запад почти

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

до Франции. В Польше это так называемые «Zastoiska» или lacs endigués: Сандомирское, Влодавское, Видавское, Влоцлавское, Варшавское,

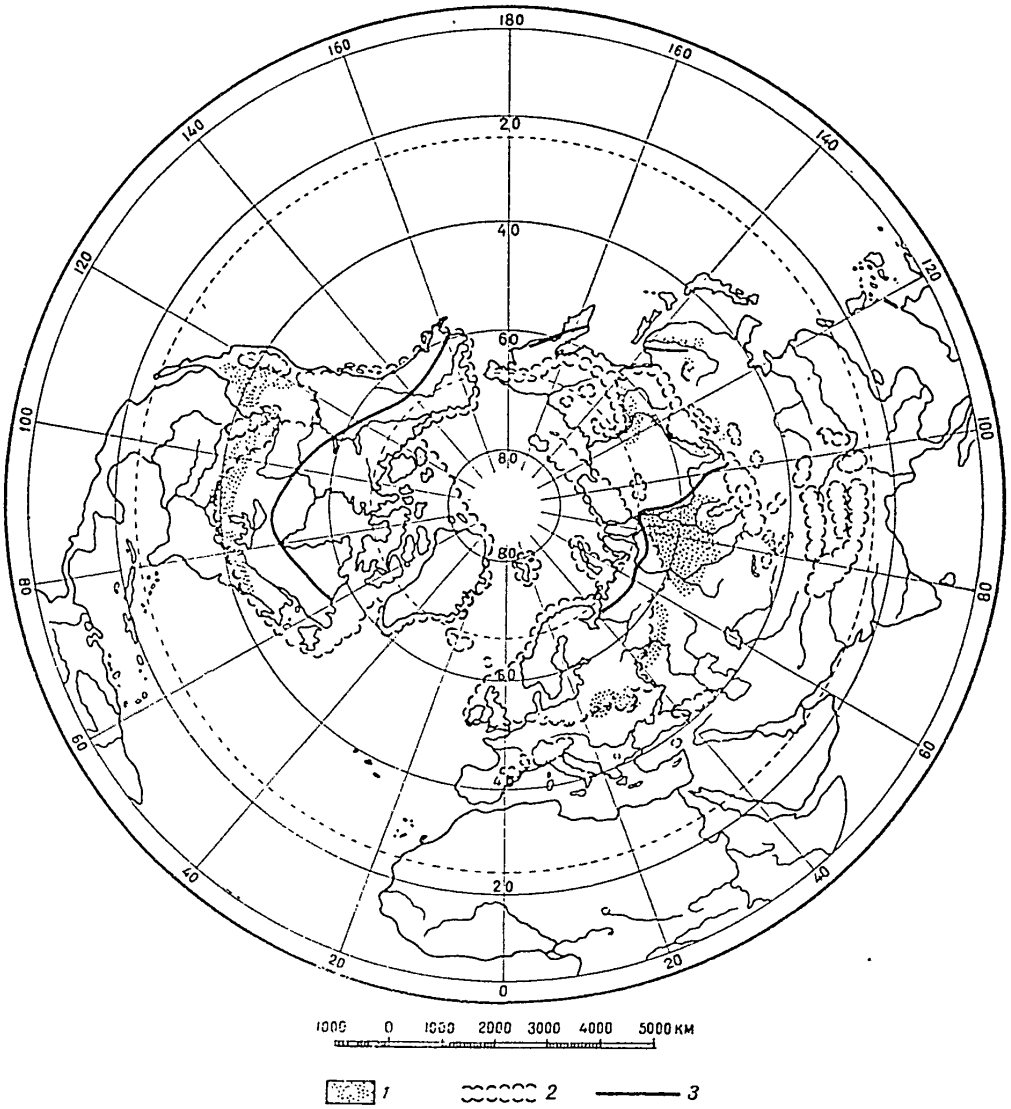


Рис. 3. Районы зандровых расширений речных долин и вечной мерзлоты в связи с древними оледенениями.

1 — зандровые расширения речных долин (места озерных скоплений), отвечающие русской и вюрмской фазам (Европа, Северная Америка) оледенения; *2* — районы крупных континентальных и горных оледенений; *3* — южная граница вечной мерзлоты (в Евразии, по М. И. Сумгину).

Пулавское. Продолжением их еще западнее, в пределах Германской низменности, являются древние долины (Uhrstromthal'и) немецких геологов (рис. 2 и 3).

Это явление развития водных разливов не имеет продолжения на восток, в Восточную Сибирь, где не было оледенения, но достаточно рельефно выражено в Северной Америке. Таким образом, это есть

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

явление, сопровождающее край оледенений Северной Америки, Европы и Западной Сибири. Вне окраин оледенения его нет.

Можно ли при этих условиях полесские водные разливы с их западными и восточными продолжениями и созданные ими впадины считать явлениями зональными? Конечно, не только можно, но и должно. Это явление так же зонально, как зональна моренная полоса севера, как зональна полоса лёссовая. Но зональность их ограничивается областью распространения оледенений и вне ее отсутствует. Это не нарушает, однако, общего характера данных зон. Сами оледенения, создавшие упомянутые зоны, также представляют собой проявление зональности. Таким образом, ледник — только производное каких-то более широких явлений. Это надо учесть и с этим надо считаться.

Во всяком случае из предыдущего мы видим, что зональная полоса, о которой идет речь, по своей природе, по своим характерным чертам есть действительно нечто своеобразное, особенное, отличающееся от других полос Русской равнины.

Для всей этой зоны характерна с гидрогеологической точки зрения близость грунтовых вод к поверхности земли, наличие больших трудно доступных болот (большей частью неглубоких осоковых), обилие округленных озер. Территория в верхних своих частях сложена главным образом песками разной сыпучести и величины зерна, иногда чередующимися с суглинками. Именно в этих послеледниковых песках находятся грунтовые воды, которые лежат, таким образом, на незначительной глубине от поверхности.

Этот главный полесский пояс был совершенно пропущен В. С. Ильиным при построении им районирования грунтовых вод (рис. 1). Между тем он чрезвычайно важен и им надо дополнить районирование.

Полесья были уже известны и геоморфологически выделены тогда, когда В. С. Ильин создавал свою схему, однако он их в схему не ввел. Этот недостаток схемы, если свести его к общему, представляет собой игнорирование геоморфологии; он дает себя знать и в других местах схемы.

Не так широко, как В. С. Ильин, но гораздо тоньше и глубже чем он, на 3—4 года позже Ильина подошел к явлению зональности грунтовых вод К. И. Лисицын в нескольких работах своих, посвященных этому вопросу. В частности интересны его доклады на II Всероссийском Гидрологическом съезде (1929а, 1929б). Хотя он говорил здесь только о водах степей, но на основе разбора химизма этих вод принцип зональности здесь выступил с большой рельефностью. Ярко проявилась здесь также основная климатическая закономерность — «чем суше климат, тем воды больше осолонены при одинаковых остальных условиях». Но он не забывал при этом, что, кроме климатического фактора, здесь также играют роль литология и рельеф. Выдвинув эту важную идею и указав, что она имеет значение для всего земного шара, К. И. Лисицын, однако, общей схемы не разработал.

Вернемся теперь снова к Полесью.

Географы, независимо от геоморфологических теорий, выделяют на территории Русской равнины пересекающие ее песчаные низины, которые делятся на две группы: Окские песчаные низины и область Полесья (Добрынин, 1948). Иные называют всю эту полосу переходной полосой песчаных низин. Это и есть как раз то, что мы очертили под названием зоны полесий. Для всей этой зоны характерны местные подпоры вод, в силу существования которых застаивались в этих обла-

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

стях обильные воды (Добрынин, 1948), сток которых к югу был затруднен.

На вопросе о причинах создания этих полесий в геоморфологии страны остановились в 1933—1934 гг. два исследователя — Г. Ф. Мирчинк (1933) и автор данной статьи (Личков, 1934).

Названия этих работ были почти одинаковыми, но содержание и основные их идеи были совершенно разными. Г. Ф. Мирчинк пишет только об эпирогенических движениях четвертичного периода, в моей же работе говорилось о движениях в период всей исторической части жизни Земли.

Была очень большая разница и в развиваемых идеях. По отношению к полесьям я приходил к выводу, что они — выражение зональности. Г. Ф. Мирчинк это отрицал и представлял себе, что на территории Русской равнины отдельные структурные элементы в четвертичное время продолжали начатые ими раньше в дочетвертичное время тектонические движения. По его словам, на «четвертичную историю Европейской части СССР наложила отчетливую печать вся предшествующая тектоническая история края. Рассматривать ее вне перспектив прошлого невозможно» (Мирчинк, 1933, стр. 155). Хотя это положение, как и вся, впрочем, статья, было направлено против идей, высказанных мной в незадолго до того вышедшей работе о зональности эпирогенических движений (1930в), тем не менее я с этой основной идеей был целиком согласен и, даже больше, свою более позднюю работу (1934) посвятил как раз тому, чтобы эту древнюю историю рельефа восстановить.

Таким образом, то требование, о необходимости выполнения которого говорил Г. Ф. Мирчинк, я старался осуществить. Однако я не мог согласиться с тем, на чем настаивал Г. Ф. Мирчинк, что «структурные элементы» — однородные «тектонические единицы» — обязательно продолжали в четвертичное время прежнее общее направление своих движений, в которое лишь «видоизменение вносили» оледенения (Мирчинк, 1933, стр. 153). Валы, по Мирчинку, продолжали подниматься, впадины между ними продолжали погружаться (там же, стр. 153—154). По моему мнению, движения всех этих структурных элементов с наступлением новой фазы геологического цикла, отмеченного новым оледенением, должны были испытать большее изменение в связи с тем, что в эту фазу истории Земли они оказались между притронической горной зоной поднятия и полярной зоной другого поднятия, связанного с ледниковыми нагрузками и разгрузками. С этой точки зрения речь шла не о легком «видоизменении», а о коренной переделке рельефа, происходившей по зонам. Иными словами, какие-то зонально действующие силы перестраивали в это время рельеф и были связаны не только с нагрузками и разгрузками ледника, как это не совсем правильно приписывал мне Мирчинк, но и со своеобразным размещением направляющих движений земной коры этого времени по двум зонам — «зоне северных материковых поднятий до и после ледниковых», с одной стороны, и «зоне интенсивных горных поднятий и связанных с ними геосинклинальных прогибов», с другой (Личков, 1934). Направление и характер движений в полосе между этими двумя зонами были сопряжены с движениями в этих двух зонах и от них зависели, размещаясь по производным зонам, параллельным границам обеих названных главных зон. Одной из этих производных, промежуточных, зон была зона полесий.

Г. Ф. Мирчинк присоединялся к моей мысли, что Припятское полесье есть область опусканий, и даже указывал, что мысль об этом была им

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

высказана раньше меня — в 1923—1924 гг. Однако продолжение этого погружения он ищет не по широтному направлению, а на юго-востоке — в Среднем Приднепровье (Мирчинк, 1933, стр. 158). Мирчинк подчеркивал, что Днепр и Дон текут по областям опускания (стр. 162). Он добавлял к этому, что «некоторую область опускания представляла из себя Мещорская низменность» (стр. 162—163). Хотя Мирчинк этот последний факт констатирует, тем не менее к моим выводам он не приходит, а делает противоположное заключение о том, что «эпейрогенические движения не подчиняются закону зональности», а «стоят в определенной связи со всей предшествующей геологической историей страны» (стр. 163—164). Заканчивая свою статью, он еще раз подчеркивает, что «образование широкого распространения аллювиальных и флювиогляциальных образований в Полесье, Мещорском крае, Ветлужском и др. не есть выражение зональности» (стр. 164).

Согласиться с этим трудно было и тогда, когда Мирчинк написал свою статью, а еще более трудно согласиться в настоящее время, в свете новых фактов. Ведь однородность в геоморфологии наблюдается не только в водных расширениях Припяти, Мещоры, Ветлуги, но и в промежуточных водных скоплениях на Десне и Оке, о которых Мирчинк умалчивает, но которые вполне реальны. Наряду с этим, самим Мирчинком констатируемое по этой именно полосе распространение аллювиальных и флювиогляциальных образований определенно вырисовывает здесь наличие зоны. Таким образом, утверждения Мирчинка противоречат им самим приводимым фактам.

Каждое полесье представляет собой аллювиальную равнину, сложенную флювиогляциальными и аллювиальными отложениями четвертичного возраста. Величина этой равнины свидетельствует о блуждании как главной реки, так и ее притоков более или менее длительное время по данной территории, вследствие затруднительности в данных условиях прямого стока. В 1914 г. В. Д. Ласкарев указал, что смыкание речных долин краями своих террас при отсутствии коренных берегов внутри впадины является характерной чертой полесских долин.

Но почему создалась целая зона таких полесий в определенной географической полосе нашей страны? В ряде моих работ и работ Д. Н. Соболева было показано, что характерной чертой геоморфологии Полесского пояса является своеобразное прохождение там стока наземных вод, в силу определенно направленных движений земной коры. Блуждания этих вод и создали те огромные расширения речных долин, к которым Ласкарев первый применил название «полесские». По Д. Н. Соболеву (1931), связывавшему генезис этого явления с оледенением и его фазами, здесь перед нами долинные зандры и вместе с тем огромные расширения террас разных возрастов. В нескольких моих работах я истолковал это явление как образование огромных аллювиальных равнин у края ледника. Их создало, с одной стороны, обилие вод в фазы оледенений, с другой, направленность стока вод — затруднения этого стока в связи с зональным распределением эпирогенических движений. Это было сформулировано в 30-х годах.

Сейчас, на основании данных глубоких буреций, приуроченность полесий к структурам прогиба видна из данных о рельефе глубокого кристаллического фундамента: Припятское полесье совпадает с областью Припятского прогиба в фундаменте; Десенское полесье — с прогибом Рославль-Брянским, Окское полесье — это удостоверенный ныне Рязано-

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Костромской прогиб; наконец, к Чебоксарскому прогибу приурочены приволжские полесья.

Граница этих прогибов уточняет окружение их новыми кристаллическими поднятиями — Белорусским и Пензенским (Токмовским) массивами. Сопоставляя карту четвертичных образований Европейской части СССР с картой древних кристаллических поднятий в средней части этой территории, мы можем видеть их поразительное согласование.

Мы до сих пор устанавливали на основании геоморфологии единство полесской зоны. Теперь мы можем сказать, что в основе этой геоморфологии лежат структуры. Таким образом, вопреки Мирчинку, мы имеем право сказать, что структуры погружения располагаются здесь зонально, что находится в связи с зональным расположением здесь сил поднятия и погружения. А это я доказывал еще двадцать лет назад.

В существовании этих прогибающихся впадин, структурно обусловленных погружением фундамента, кроется причина затрудненности стока наземных вод полесий к югу. Возможно, что эти погружения продолжались и в миоцен-четвертичное время. Этим и объясняется то, что воды полесий как бы блуждали вдоль края оледенения и вместе с тем вдоль краев поднимавшихся Украинского, Воронежского и частью Пензенского массивов, точно не имея возможности прямо направляться на юг, к Черному морю. В каждом из отдельных участков зоны полесий: Припятском, Десенском, Мещерско-Окском, Ветлужском, Кузнецком и др., этот затрудненный сток вырабатывался самостоятельно и отдельно, в зависимости от локальных условий. Так, в конце концов выработались главные пути стока на юг — в Днепровский, Донской, частично в Волжский бассейны.

Какова была гидрогеология зоны полесий?

По климатическим условиям полесий на их территориях выпадает достаточное количество осадков для питания грунтовых вод. Однако значительное количество вод приносит на территориях этих аллювиальных равнин со стороны окружающих эти равнины высот прилегающих плато.

Материалов по гидрогеологии Полесья и полесий вообще много, но до сих пор никто никогда не пытался суммировать эти материалы в одну стройную картину в аспекте единства геоморфологии этой территории. Впрочем, недавно это попытался сделать М. П. Распопов (1950) в интересной и очень продуманной работе о районировании подземных вод Европейской части СССР по условиям их стока в реки. В этой работе автор совершенно правильно причисляет полесья к зоне обильного дренирования реками верхних и более глубоких горизонтов вод и делит территорию на западные и восточные полесья. Он указывает, что этот пояс зандровых низин замечателен тем, что является областью активного формирования неглубоко залегающих грунтовых вод. Автор подчеркивает также, что воды пояса через соседнюю более южную область, или зону, имеют «глубокий грунтовый и артезианский сток» в Волгу, Днепр и Дон. Северная граница этого пояса совпадает с полосой главного водораздела между реками северного и южного стока Русской равнины. Очевидно, с данного водораздела, — что следует из приведенного указания М. П. Распопова, хотя им и не подчеркивается, — идет сток в пояс зандровых низин.

Таким образом, этот пояс низин есть место транзита для вод, поступающих с севера с водораздела и идущих дальше на юг. Ясно, что

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

для западных полесий такое же питание, как с северного водораздела, должно итти также с южных краевых высот Волыно-Подольского плато (М. П. Распопов его ошибочно называет на стр. 35 «Волынской лёссовой равниной»), а для южной части восточных полесий — с Брянских возвышенностей (я несколько расхожусь с автором в определении географических границ восточных полесий).

Таким образом, каждое полесье в отдельности и весь Полесский пояс в целом, кроме местного питания, имеют очень большое питание извне, с высот окружающих водоразделов. Ввиду того, что геоморфология полесских впадин, как это было показано мной, — это геоморфология аллювиальных равнин разных типов, сложившихся у краев оледенений, приходится считаться с тем, что именно реки как главные, так и притоки их обусловливают распределение и движение здесь грунтовых вод; воды эти имеют характер грунтовых потоков, направленных соответственно направлению самих рек и сопровождающих эти реки и их террасы.

Отмечу, что В. С. Ильин в своем районировании вовсе пропустил всю эту область с ее характерными особенностями, хотя она выделяется и по геоморфологии и по гидрологии.

Я полагаю, что при районировании грунтовых вод на территории Европейской части СССР должны быть учтены на основании предыдущего следующие основные факты: 1) противоположность аккумулятивного ландшафта севера и эрозионного ландшафта юга, 2) существование на границе этих двух ландшафтов зоны полесий с ее своеобразными геоморфологическими и гидрогеологическими особенностями, 3) наконец, надо учесть широкое распространение севернее Главного пояса полесий речных долин полесского типа, о чем я писал в особой работе (1944).

Можно думать, что к этим более северным поясам полесий приурочены в значительной мере те «болотные воды», которые Ильин выделяет в виде незональной полосы на Русской равнине. На самом деле это широчайшая зона высшего порядка, охватывающая всю моренную полосу севернее Главной гряды конечных морен.

На основе всего изложенного, для рассматриваемой нами сейчас территории я предлагаю такое районирование подземных вод (табл. 1), с сопоставлением выделенных мной районов с районами Ильина, чтобы ясно было, что из районирования Ильина может быть сохранено и в какой мере.

Из табл. 1 видно, что я вовсе не отвергаю районирование грунтовых вод В. С. Ильина, а в сущности сохраняю его, давая к его районам совершенно необходимые поправки и затем подвожу под это районирование геоморфологическую основу. Основное содержание схемы В. С. Ильина хорошо укладывается в геоморфологические зоны, а так как последние обусловливают в значительной мере геоботанику, то получается и хорошее совпадение схемы с растительными поясами. Это имеет важное значение.

Не очень давно О. К. Ланге (1947а) понял меня в том смысле, что я в основу своего районирования грунтовых вод кладу геоботанические принципы, и возражал против этого, указывая, что растения являются только «результатом наличия подземных вод». Должен по этому поводу сказать, что по четкому, яркому результату всегда удобно судить об изменениях основного фактора. Почвы, например, как понимал В. В. Докучаев, есть результат всего комплексного воздействия ланд-

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Таблица 1

Схема зон грунтовых вод Русской равнины

Геология	Характер рельефа	Ландшафт	Черты ландшафта	Грунтовые воды (частично по Ильину)
Моренная полоса.		Тундры.	Полоса болот и полесий.	Высокие тундровые воды севера с болотами.
Долинно-зандровая полоса.	Аккумулятивный рельеф.	Леса.	Главный пояс полесий.	Высокие грунтовые воды зоны северных лесов. Грунтовые воды полесья — покрытые лесом низины (грунтовый поток).
Лёссовый ландшафт.	Эрозионный долинный рельеф.	Лесостепь.	Полоса отсутствия болотных вод.	Грунтовые воды глубоких и неглубоких оврагов.
		Степь.		Грунтовые воды овражно-балочной зоны. Грунтовые воды балочной зоны.

шафта. Именно так мы и рассматривали рубрики: тундровая, лесная, лесостепная и степная зоны. В данном случае растительность как прямое следствие грунтовых и почвенных вод является ярким показателем их положения, индикатором на них. Именно поэтому в районирование грунтовых вод следует ввести зоны растительности, что я и сделал в своей таблице.

О. К. Ланге (1947а, стр. 18) указал, что моя схема несомненно «очень наглядна». Думается, что сопоставление схемы Ильина с данными геоморфологии и ландшафта вполне обосновано и делает очень наглядным районирование В. С. Ильина. В данной выше схеме (табл. 1) требуется еще уточнить характеристику южных зон. Можно надеяться, что это уточнение скоро будет сделано.

III

В недавней работе И. В. Гарманова (1948) было правильно показано, что от простого указания на совпадение границ и почвенно-климатических зон с зонами грунтовых вод сейчас пора уже перейти к более глубокому анализу «процессов, формирующих состав грунтовых вод», для чего необходимо изложить главнейшие законы химического формирования грунтовых вод. Ту же мысль мы находим и у Г. Н. Каменского (1949).

Названные гидрогеологи пришли к этому выводу, идя по такому пути.

В курсе «Гидрогеологии» Ф. П. Саваренского (1935) было сделано интересное указание, что, кроме связи зональности грунтовых вод с зональностью климата и растительности, важна связь их с зональностью «почвенного покрова» и «выветривания». Эту мысль дальше развивали И. В. Гарманов (1948) и Г. Н. Каменский (1949), которые широкую формулировку Ф. П. Саваренского приводят в качестве эпиграфов к своим работам: «Зональность грунтовых вод тесно связана

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

с зональностью почвенных образований: растительности, почвенного покрова и направления процессов выветривания, наблюдавшихся на поверхности земного шара».

Развивая эту мысль, И. В. Гарманов (1948) на основе анализа процессов, формирующих грунтовые воды, указал на закономерности изменения химического состава грунтовых вод. Он выделил на Русской равнине с севера на юг такие зоны:

1) зону гидрокарбонатно-кремнеземных вод, связанную с тундровой полосой, где средняя годовая температура не выше 0°;

2) зону гидрокарбонатно-кальциевых вод, охватывающую большую северную часть Русской равнины: здесь концентрация солей увеличивается от 0.1 на севере до 1 г/л на юге;

3) зону преобладания сульфатных и хлоридных вод, для которой характерно разнообразие почвенного покрова и то, что испарение здесь преобладает над осадками.

Г. Н. Каменский (1949) имел в виду еще ближе подойти к процессу формирования грунтовых вод путем выделения двух зон — зоны выщелачивания (северной) и зоны засоления (южной). Это деление опирается на те черты характеристики отдельных зон по химизму, которые были даны в книге Ф. П. Саваренского для зоны Крайнего Севера, зоны подзолистой, или лесной, зоны черноземной степи, зоны сухих степей и, наконец, области полупустынь и пустынь. Именно области полупустынь и пустынь являются зонами вод испарения, а остальные — зонами грунтовых вод, которым Г. Н. Каменский дал наименование «вод выщелачивания» (стр. 9).

Таким образом, в пределах Советского Союза противопоставляются друг другу, по Г. Н. Каменскому, воды северные, или выщелачивания, и воды южные, или воды испарения. Полагаю, что эта номенклатура не совсем удачна, как неудачно применение в данном случае и самого термина «выщелачивание». Если говорится о водах выщелачивания, то каждый естественно представит себе воды, которые, пройдя массивы горных пород, например известняков, штоки каменной соли, насытились элементом этих пород. Само название «воды выщелачивания» говорит о том, что породы выщелочены, значит, воды выщелачивания должны быть обеспечены элементами, извлеченными из породы. На самом деле мы со времени П. В. Отоцкого знаем, что как раз северные воды — «воды выщелачивания» — более пресны, чем южные. Возникает и другой вопрос: что же это за «выщелачивание», если оно при циркуляции вод по породам не обогащает воды растворенными элементами? Если учесть оба эти факта, то придется сказать, что те процессы в почвах и под ними, которые имел в виду Г. Н. Каменский, никак нельзя назвать выщелачиванием, почему термин этот здесь едва ли применим. Это нетрудно показать.

Грунтовые воды формируются в основном в результате проникновения атмосферных вод через почву. Если учесть это, то можно сказать, что состав грунтовых вод в значительной мере определяется химизмом вод почвенных. Но разве в почвах происходят процессы выщелачивания? Г. Н. Каменский на этот вопрос отвечает утвердительно. Очень сложные процессы почвенного литогенеза, связанные с равновесиями, создаваемыми почвенным поглощающим комплексом, он огульно относит к выщелачиванию: выщелачиваются почвы, выщелачиваются горные породы (1949, стр. 9). Это выщелачи-

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

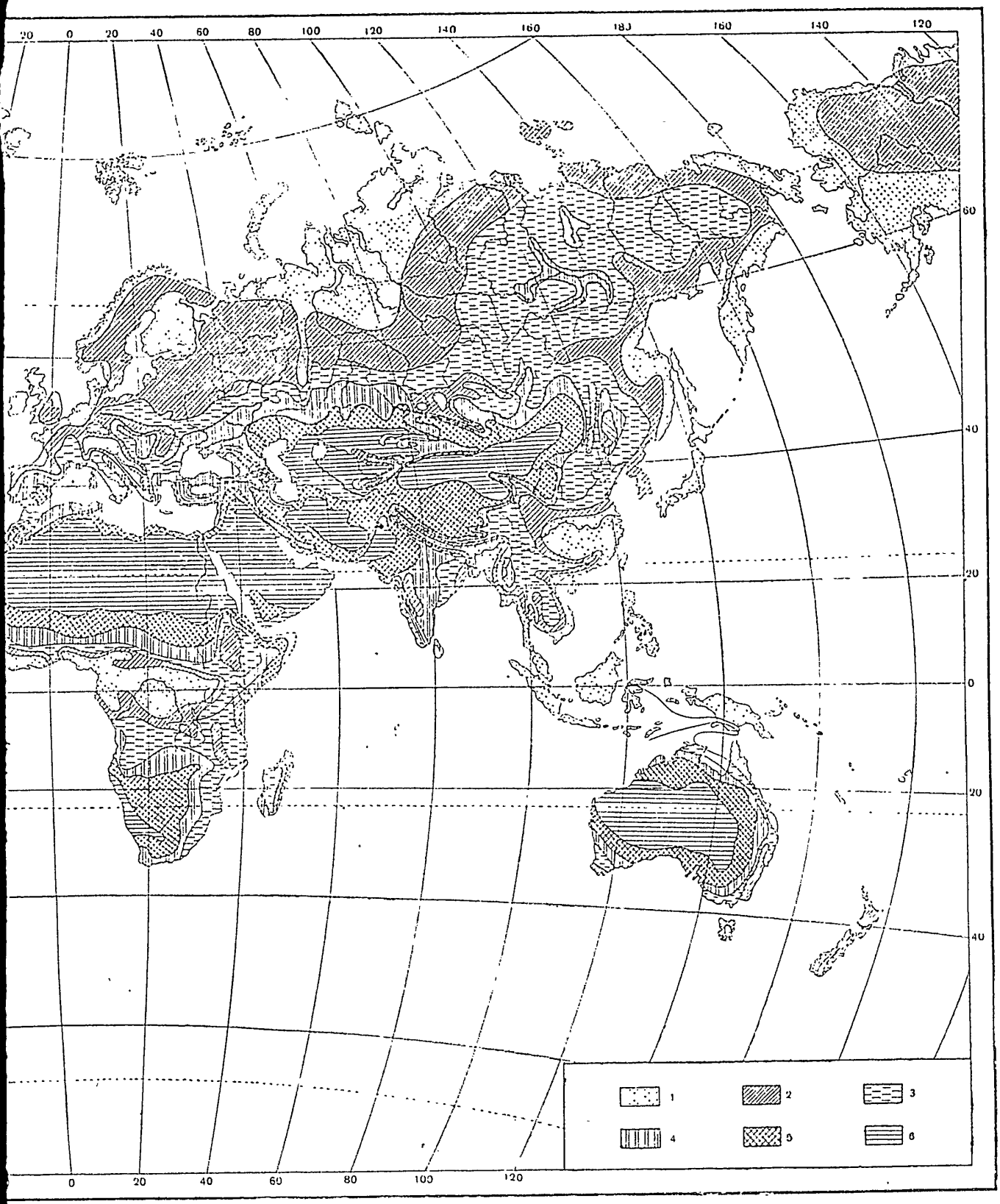
Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Рис. 4. Мировая карта зон увлажнения по Н. Н.

1 — зона избыточного увлажнения ($K \geqslant 1.50$), *2* — зона достаточного увлажнения (K 1.49—1.00), *3* — зона умеренного
0.30), *5* — зона скудного увлажнения (K 0.29—0.13), *6* — зона ничтожного

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9



арта зон увлажнения по Н. Н. Иванову.
K 1.49—1.00), 3 — зона умеренного увлажнения (K 0.99—0.60), 4 — зона недостаточного увлажнения (K 0.59—
(K 0.29—0.13), 6 — зона ничтожного увлажнения (K 0.12—0.00).

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

вание, по его мнению, обусловлено «процессом почвообразования и выветривания» (там же). У Г. Н. Каменского получается нестройность с понятием выщелачивания, которое то, следуя Ф. П. Саваренскому, отделяется от выветривания (стр. 8), то отождествляется с почвообразованием и с выветриванием одновременно (стр. 9). Полагаю, что попытки Г. Н. Каменского создать из вод зоны увлажнения какие-то «воды выщелачивания» не обоснованы.

Первоисточник неясностей Г. Н. Каменского в тех идеях, которые были высказаны Ф. П. Саваренским. У последнего тоже не было четкости и ясности: «разложение горных пород минеральной части почв», «почвы выщелачиваются» (Саваренский, стр. 7), и все это при указанном выше процессе инфильтрации воды сквозь почву. Направление процессов почвообразования и выветривания в разных зонах давалось Саваренским без их разграничения, суммарно и нечетко.

В противоположность этому надо с полной ясностью принять следующее:

1) почвообразование и выветривание — два совершенно разных процесса, которые смешивать нельзя;

2) там, где идет почвообразование, там нет выветривания, ибо выветривание имеет место лишь на открытой поверхности горных пород;

3) накопление коры выветривания имеет место в основном в горных зонах на высотах, где горные породы не прикрыты почвой;

4) под почвенным покровом идет процесс осадкообразования, как это мной доказывается начиная с 1942 г., или что то же — почвенный покров в иллювиальном процессе (инфильтрация) создает новые горные породы;

5) иллювиальный инфильтрационный процесс на материковых поверхностях планеты является одним из нормальных способов создания на суше осадочных пород, но он же формирует и грунтовые воды.

Эти пять важных положений, вытекающих из моих работ о почвенном литогенезисе 1943—1945 годов (термин «почвенный литогенезис» принадлежит В. А. Обручеву), позволяют с полной уверенностью настаивать на том, что главным процессом, происходящим под почвенным покровом, является не выщелачивание, а подпочвенное осадкообразование и что этот процесс зонален (Личков, 1944а, 1945б).

Если этим процессом создаются под почвами новые горные породы, то этот процесс не может не касаться грунтовых вод: как и породы, воды также изменяются, и можно сказать, что в иллювиальном процессе как под почвами образуются новые породы, так точно воздействием почвенных вод создаются и поддерживаются воды грунтовые. Количество вод инфильтрации не может не играть здесь большой роли, и соответственно этому у нас получится деление грунтовых вод не на воды выщелачивания и воды испарения; более естественно будет деление на воды зоны увлажнения и воды зоны иссушения.

Как мной было указано в 1948 г., в первой зоне преобладают атмосферное питание водоемов и впитывание, во второй — минеральное питание водоемов и испарение, а о выщелачивании как характеристике признаков первой зоны и речи быть не может.

Я отнюдь не возражаю против химических зон И. В. Гарманова, но мне представляется, что мой «материковый литогенезис» (1945б) приводит к химическому районированию даже более расчлененному, чем райони-

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

рование И. В. Гармонова. Об этом говорит таблица в моей статье 1948 г. на стр. 8—9. На ней видны вытекающие из зональности закономерности химического состава грунтовых вод, лежащие в основе их формирования за счет вод почвенных в процессе инфильтрации.

IV

Задача районирования грунтовых вод Русской платформы несомненно может быть рассматриваема как начальная ступень к разрешению более значительной задачи — районирования грунтовых вод всего земного эллипсоида. Такое районирование давно пора произвести.

Легче всего подойти к зонам грунтовых вод для всей Земли со стороны степени увлажненности территории. При условии твердой установленности единства вод нашей планеты и вытекающей отсюда тесной связи всех видов вод между собой увлажненность эта, конечно, сразу же даст некоторые указания и относительно грунтовых вод. Эти степени увлажнения, как известно, являются одними из важнейших гидрогеологических критериев при климатическом районировании для близких к поверхности подземных вод, т. е. для вод грунтовых.

Отвечающие этим степеням зоны были недавно выделены Н. Н. Ивановым (рис. 4), который дал указатель коэффициентов увлажнения (K) с помощью соотношения между выпадающими осадками и испаряемостью, чтобы выявить, в какой мере выпадающие в данном месте осадки возмещают возможное испарение с открытой водной поверхности при данных климатических условиях.

Фактические испарения в поле указанный автор не мог положить в основу при определении степени увлажнения территории по следующим причинам: 1) различные типы подстилающей поверхности испаряют по-разному, вследствие чего нельзя получить однородных сравнительных величин испарения; 2) в сухих областях, где испаряются все выпадающие осадки, нет возможности установить различия в степени увлажнения, так как показатель увлажнения здесь всегда будет равен единице как в совершенно безводной пустыне, так и в полупустыне; 3) величина фактического испарения не может служить показателем испаряющей способности воздуха хотя бы потому, что фактическое испарение в тундре и пустыне одинаково, ибо в тундре не может больше испариться по климатическим условиям, а в пустыне испарилось бы в десятки раз больше, но нехватает влаги.

На основе многочисленных наблюдений на испарителе Вильда на территории СССР для 70 метеорологических станций и данных об испаряемости в других частях земного эллипсоида, полученных разными методами, Н. Н. Иванов вывел для определения испаряемости эмпирическую формулу.

Именно испаряемость, а не испарение берет автор за исходное. Важно не то, сколько воды испаряют разные виды подстилающей поверхности, а надо выявить иссушающую способность воздуха и влияние ее на возможность формирования в данном месте того или иного ландшафта. «А сравнимую иссушающую способность водуха, или испаряемость, — говорит Н. Н. Иванов, — можно получить только при изучении испарения с некоторой определенной поверхности». Такой поверхностью является поверхность пресных озер, и она кладется в основу теоретических соображений и расчетов. Формула была проверена им

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

по водному балансу озер, затем по годовому ходу испаряемости. Формула испаряемости, по Н. Н. Иванову, имеет такой вид:

$$E_m = 0.0018\,(25 + t)^2 \cdot (100 - a),$$

где E_m — испаряемость в мм в месяц, t — средняя температура месяца и a — относительная влажность по психрометру Августа в %. Физический объем величины 25 в формуле определяется тем, что практически ощутимая испаряемость отсутствует при температуре —25° даже при минимальной влажности. Поэтому при температуре ниже —25° нет надобности вычислять испаряемость, так как она практически равна нулю.

Устанавливая градации коэффициента увлажнения K, Н. Н. Иванов обосновал их, исходя из твердо установленных и хорошо изучаемых понятий: лесная зона, лесостепная, степная, полупустынная и пустынная зоны северного полушария. К ним он добавил влажный тропический лес и тропическую пустыню (1941, стр. 273). Указанный автор получил в результате характеристику всех этих зон в виде определенных величин коэффициента K. Градации этих величин показаны на карте (рис. 4), составленной Н. Н. Ивановым. Они колеблются, как видно на карте, от $K \geqslant 1.50$ в зоне избыточного увлажнения до K 0.12—0.00 в зоне ничтожного увлажнения. Величины K в промежуточных зонах указаны на карте. Эти данные очень поучительны.

STAATS BIBLIOTHEK BERLIN

Работа Н. Н. Иванова напечатана 1941 г., а в 1945 г. другой автор — М. Д. Семенов-Тян-Шанский — сделал аналогичную попытку, ограничиваясь только территорией СССР. Этот исследователь отнес годовое количество осадков, выпадающих в том или другом месте земной поверхности, к количеству воды, необходимому для насыщения воздушной оболочки при том индексе ее тепла, который данная точка получает. Опираясь на это, он разделил всю земную поверхность на три поясных типа ландшафтообразующих процессов: тип водонакопления на поверхности земли, тип неизменного состояния увлажнения земной поверхности и тип ее иссушения. Он также пользуется показателями увлажнения, которые называет «относительными осадками». Для СССР М. Д. Семенов-Тян-Шанский дает более дробное деление областей. Результаты сопоставления данных обоих исследователей приведены в табл. 2.

Таблица 2

Общие типы зон	Н. Н. Иванов (1941) K	М. Д. Семенов-Тян-Шанский φ
Зоны увлажнения.	Зона избыточного увлажнения.	Зона чрезмерного увлажнения.
	Зона достаточного увлажнения.	Зона сильного увлажнения.
	Зона умеренного увлажнения.	Зона умеренного увлажнения.
	Зона недостаточного увлажнения.	Зона слабого увлажнения.
Нейтральная зона.	Зона скудного увлажнения.	Зона намечающегося увлажнения или иссушения.
Зоны испарения.	Зона ничтожного увлажнения.	Зона слабого иссушения.
		Зона умеренного иссушения.
		Зона сильного иссушения.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Эти данные показывают, что у Семенова-Тян-Шанского зоны иссушения расчленены гораздо подробнее, чем у Н. Н. Иванова. В основном же оба деления близки.

Это районирование позволяет сделать некоторые выводы о грунтовых водах. Ясно, что в засушливых зонах выпадающие осадки должны иметь склонность к испарению и в силу этого не доходят до горизонта грунтовых вод, испаряясь по пути. Наоборот, в зонах увлажнения они просачиваются вниз.

Таким образом, в зонах увлажнения направление вод всегда исходящее. Воды в зонах иссушения поднимаются вверх в виде паров, отчего получается восходящее направление воды. В результате имеются два разных режима вод, откуда возникают и разные типы почвообразовательных и растительных процессов.

«К северу от нейтрального пояса зоны намечающегося иссушения все воды на земной поверхности, — писал М. Д. Семенов-Тян-Шанский (1946, стр. 350), — питаются непосредственно водой выпавших осадков, образуя при задержке их болота... сточные озера и текущие из болот и озер реки, обладающие спокойным наводком. К югу от нейтрального пояса... все воды тратятся на земной поверхности на испарение и питаются в том или другом виде водою грунтовой, поэтому реки берут начало из ключей, протекающих по дну глубоких оврагов: болота заменяются... солонцами и солончаками, озера становятся солеными».

Эти рассуждения М. Д. Семенова-Тян-Шанского, которые я несколько сократил, дают в общем правильную картину. Зоны Н. Н. Иванова и М. Д. Семенова-Тян-Шанского, характеризующие увлажнение, позволяют сделать переход и к грунтовым водам. Если они имеют разный режим в обе стороны от нейтральной зоны, то значит сразу намечаются три деления этих вод: первая — нейтральная зона, две не нейтральные по обе стороны от нее. Но этого мало. Очевидно, что и в пределах объема больших зон, отвечающих иссушению и увлажнению, деление грунтовых вод можно будет вести по меньшим зонам. А так как они совпадают «с хорошо установившимися и хорошо изученными», по выражению Н. Н. Иванова, явлениями, как лес, степь, пустыня и т. п., то естественно, что и зоны грунтовых вод будут приурочиваться к этим ландшафтам.

Мы не приходим, однако, этим способом, как писал О. К. Ланге, к признакам геоботаническим как основе деления и не даем здесь геоботанического толкования гидрогеологической карте, а пользуемся растениями как одним из индикаторов на воду и именно потому, что растительность есть в какой-то части «производное почвенных и грунтовых вод». Поэтому не только для СССР, но и для всей планеты мы получаем деление по растительным и почвенным зонам, которые оказываются также и зонами увлажнения, а в последних укладываются и зоны грунтовых вод. Все эти данные приводятся нами в табл. 3.

Зоны грунтовых вод, как видно из табл. 3, совпадают для всего земного эллипсоида с зонами его увлажнения и иссушения. Это то же самое, что мы видим на территории СССР, когда от северных влажных областей — областей вечной мерзлоты и тундр — мы переходим через лесные области и полесскую зону к южным степям, а затем к полупустыням и пустыням.

О. К. Ланге (1947а) высказал мнение, что на территории СССР можно выделить «зону подгорных шлейфов и предгорных равнин».

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Они прослеживаются от северных предгорий Восточного Казахстана до склонов Большого и Малого Кавказа и связаны с горными сооружениями Средней Азии и Кавказа (там же, стр. 61). Эту связь данной зоны с горными сооружениями подчеркнула еще больше недавно Н. М. Решеткина (1950) тем, что выделила два типа предгорных равнин — «предгорные равнины открытого типа, которые опоясывают горные сооружения, граничащие с обширными равнинами», и «равнины междугорного типа, располагающиеся в междугорных котловинах и долинах» (разрядка моя, — *Б. Л.*).

В качестве примеров равнин первого типа Н. М. Решеткина (1950, стр. 18) привела Прикопетдагскую и равнину северного склона Нуратинских гор; примером равнин второго типа, по ее мнению, является Ферганская и Кетабо-Шахризябская равнины.

В этих указаниях О. К. Ланге и Н. М. Решеткиной важны два факта. Во-первых, что эти равнины контактируют с «горно-складчатой областью», «с горным сооружением» (Решеткина, 1950, стр. 18), во-вторых, что они контактируют с «обширными гидрогеологическими бассейнами» (стр. 19), «обширными равнинами» (стр. 18). Эта двойная связь не случайна. Очевидно, горные пояса и примыкающие к ним аллювиальные равнины генетически непосредственно друг с другом связаны. Равнины являются вместе с тем гидрогеологическими бассейнами. На это я указал в первый раз еще в 1929 г., т. е. более двадцати лет тому назад.

Остановимся сначала на этих обширных равнинах. В отношении их необходимо упомянуть высказывания Н. М. Решеткиной. Она говорит о «пролювиально-равнинном поясе этих равнин» (1950, стр. 19). Полагаю, что это не совсем верно. Данные равнины, окаймляющие подножья горных поясов, являются равнинами аллювиальными. Это обстоятельство мной указано в статье «Загадка Каракумов» (1930б), а затем разработано в целой серии работ о генезисе наземных аллювиальных равнин (1930а, 1931, 1932а, 1932б). Это же совершенно определенно установлено на основе ряда исследований геологов и геоморфологов, работавших за Каспием, начиная с В. А. Обручева («Обручевская степь») и кончая работами Г. В. Лопатина (1930) и Д. А. Козловского (1936), где они дают профили Каракумов.

Н. М. Решеткина ссылается на В. И. Попова, который уверяет, что предгорная равнина является ареной деятельности ветра и, по Попову, «получила название эолово-равнинного фациально-ландшафтного пояса» (Решеткина, 1950). Верно, что сейчас эти окологорные аллювиальные равнины испытывают некоторую эоловую переработку, а особенно упоминаемые Н. М. Решеткиной «равнинные просторы» над ее «гидрогеологическими бассейнами». Однако это вторичная переработка, а генетически, вне сомнения, это аллювиальные равнины. Поэтому в полной мере согласиться с взглядом В. И. Попова нельзя.

Чтобы читателю была ясна степень моего несогласия с О. К. Ланге и Н. М. Решеткиной, я позволю себе сопоставить основные понятия в моих работах и работах названных исследователей. То, что О. К. Ланге (1947а) называет «предгорной равниной и подгорным шлейфом», а Н. М. Решеткина (1950) — «предгорной равниной открытого типа», мной (1945а) названо «равниной подножья»; то, что у Ланге именуется «обширной зоной равновесия подземного стока и испарения» (1947а), а у Н. М. Решеткиной (1950) — «равнинными просторами» над «гидрогеологическим бассейном», я назвал более 20 лет назад «окологорной

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Таб

Климатические

Зоны	Коэффициент увлажнения по Н. Н. Иванову	Коэффициент увлажнения по М. Д. Семенову-Тян-Шанскому	Коэффициент влажности по Семенову-Тян-Шанскому	Испаряемость (в мм)	Осадки (в мм)
Полярно-тундровая северная	1.50	13.4	+8	—	300—350
Лесная			+4 +2		400—500
Полесская	1.49—1.00	13.4—12.6	+1	270	—
Лесостепная	0.99—0.60	12.6—5.7	±0	500—800	—
Степная	0.59—0.30	—	—1	800—1000	300—450
Полупустынная	0.29—0.13	—	—2	1000—1500	200—300
Пустынная	0.12—0.00	0.54	—8	2000	280—300 80—200
Экваториально-тропическая область с тропическими муссонами: пустыня	0.12—1.0	—	—	800—1000	1000—1500 и до 6000—10000
лес	1.0—1.50	—	—	1000—1500	
пустыня	1.000—0.12	—	—	2000(?)	
Пустынная и полупустынная	0.12—0.00	0.54	8	1000 и выше	Менее 200
					Океанический
Полярная южная	1.50	—	—	—	—

аллювиальной равниной» (1930а, 1931, 1932а, 1932б, 1945а). И еще одно несогласие. В. Н. Кунин в нескольких печатных работах, посвященных Каракумам, показал, что под аллювиальной равниной Каракумов находится не бассейн грунтовых вод, а поток этих вод. Между тем Н. М. Решеткина говорит о бассейне. Имеется основание полагать, что как наземный поток предгорных равнин или же равнин подножья продолжается в такой же наземный поток аллювиальной равнины, так же точно подземные потоки под межгорными равнинами и равнинами подножья имеют продолжения в подземных потоках под окологорной аллювиальной равниной.

Мне представляется, что фактам больше отвечает моя концепция, изложенная 20 лет назад, чем то, что сейчас предлагает Н. М. Решеткина, вовсе не упоминающая о моих толкованиях.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

лица 3
условия

Частное от деления испаряемости на осадки	Характеристика зон увлажнения—испарения	Озерные зоны по В. В. Алабышеву (1932)	Грунтовые воды		
			pH	по составу	глубина залегания (в м)
—	Область избыточного увлажнения (влажные).	Зона диатомовых отложений.	Низкое.	Пресные.	0.5—2.5 5—10
—	Область достаточного увлажнения.	Озерные железные руды. Озерные пресноводные.	Слабо кислое.	—	2—5
1	Область умеренного увлажнения.	Сапропели.	Слабо кислое.	—	—
2—3	Область слабого увлажнения.	Зона солоноватых и соленых озер.	Щелочное (большое).	—	10—15
5—7	Область скудного увлажнения.	Зона солоноватых и соленых озер.	Щелочное (большое).	Засоленные.	40—50—100
10—16	Сухая область.	—	Слабо кислое.	»	—
—	Влажная область.	Зона экваториальных и тропических пресноводных озер.	—	Пресные.	—
10—16	Сухая область.	Солоноватые и соленые озера.	Щелочное.	Засоленные.	—
перерыв					
—	Влажная область.	—	—	Пресные.	—

В свое время много спорил против моих «аллювиальных равнин» ботаник М. Г. Попов, настаивавший на древности пустынь в этом районе. Однако и он со мной согласился в отношении широкого распространения аллювия на месте теперешней песчаной пустыни (Попов, 1940, стр. 96), но только сделал оговорку, что «развевание этого аллювия не подлежит никакому сомнению». Н. М. Решеткина просто закрывает глаза на то, что это аллювий, и неправильно называет его пролювием, что ни литологически, ни геоморфологически не оправдано.

В известной сводке И. П. Герасимова и К. К. Маркова, посвященной ледниковому периоду в СССР (1939), моя концепция изложена довольно верно, и неправильным является только примененный указанными авторами эпитет «подгорный» в отношении аллювиальных равнин. Я называл и называю их «окологорными», считая, что «подгорные»

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

равнины находятся ближе к горам, и таковыми являются мои «поверхности подножья» или «предгорные равнины» Н. М. Решеткиной.

Именно о территориях того, что я называю «наземными окологорными аллювиальными равнинами», О. К. Ланге (1947а) говорит, что это обширная «зона равновесия подземного стока и испарения». Он затем пишет, что данная зона «прослеживается по всей Азии, переходит в Закавказье и далее в Африку и за Атлантический океан в Америку» (стр. 61). Иными словами, это зона пустынь. Я также подчеркивал, что мои «аллювиальные равнины» в настоящее время являются пустынями, а М. Г. Попов старался показать, как мы видели, несмотря на огромность аллювиальных разливов на этих территориях, что они и тогда в летние сезоны, когда водные разливы сокращались, были пустынями. В этом вопросе я полагаю, что ни с Н. М. Решеткиной, ни с О. К. Ланге у меня разногласий нет.

Зона пустынь является одной из зон увлажнения—иссушения, а равно одной из характерных зон грунтовых вод земного эллипсоида. Она представляет собой проявление закона зональности. Нельзя не обратить внимания на то, что бо́льшая часть этой зоны занята древними аллювиальными равнинами, которые генетически связаны с горными поясами. Как правильно подчеркнул М. Г. Попов, территория пустынь вмещает в себя огромные древние водные разливы, генетически связанные с горными поясами.

Если эти моменты учесть, то нельзя не сделать вывода, что без горных поясов невозможно понять до конца зону пустынь во всех ее особенностях. Иначе говоря, при рассуждениях о зональных равнинах и их районировании приходится для понимания этого районирования учитывать особую зону горных поясов, которую мы и вводим, ставя ее рядом с зоной пустынных территорий.

В сущности к этому же приходят О. К. Ланге и Н. М. Решеткина, вводящие зоны междугорных равнин, а также предгорных равнин особого типа, употребляя терминологию названных авторов. Ведь эти оба вводимые ими типа равнин являются частями горного пояса.

Не к этому ли пришел и И. В. Гарманов (1948), когда среди зон Европейской части СССР он выделил особую зону гидрокарбонатно-кальциевых грунтовых вод горных областей Крыма и Кавказа? Однако надо пойти и дальше. Раз мы характеризуем территорию, мы не можем не включить в зону те более глубокие воды, которые здесь выходят на поверхность. Как подчеркивает И. В. Гарманов, в этой «зоне можно встретить участки с грунтовыми водами от гидрокарбонатных до хлоридных».

Введение в районирование зоны горных поясов приводит нас к проблемам геоморфолого-структурным.

В предыдущем изложении проблему полесий мы разрешили на основе идеи зональности, показав, что полесская зона создалась в полосе, расположенной между притропической зоной горных поднятий и полярной зоной материковых движений. Мы поставили этим пояс полесий в тесную связь с чертами геоморфологии и структур земного эллипсоида.

Проблема пустынь и их расположения опять приводит нас к тому же вопросу, ибо пустыни, оказывается, непосредственно совпадают с притропическими зонами горных поднятий и отражают на себе ее активное влияние.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Мной была сделана попытка осветить основную закономерность вековых поднятий и опусканий на земле и дана карта распределения на планете эпирогенических движений (Личков, 1927б), которая приводится и в настоящей работе (рис. 5). Эта статья и карта к ней в деталях несколько устарели. Однако статья правильно выдвигает зональность вертикальных движений, но слишком связывает их с зонами оледенений и вообще с ледниками, тогда как надо было поставить это шире и устанавливать особенности не ледниковых, а полярных зон и с ними связывать и сопоставлять другие зоны.

Карта в том виде, как она была напечатана в 1927 г. (рис. 5), поразительно напоминает границами своих зон карту зон увлажнения Н. Н. Иванова (рис. 4); зоны в основном те же. Если это так, то очевидно, что зоны увлажнения являются одновременно и климатологическими и геоморфологическими. Этим еще раз подчеркивается, что зоны природных вод, в том числе зоны грунтовых вод зависят не только от климатических, но и от геоморфологических условий. Если сопоставить обе карты, то получится такая картина соотношения их зон (табл. 4).

Таблица 4

Физико-географические зоны	Б. Л. Личков (1927б)	Н. Н. Иванов (1941)
Тундра.	Центрально-ледниковая зона.	Полярная зона избыточного увлажнения.
Лес, лесостепь.	Зона периферического оледенения и переходная.	Зона достаточного увлажнения.
Степь, полупустыня, пустыня.	Северная субтропическая зона.	Зона умеренного увлажнения. Зона недостаточного увлажнения. Зона скудного увлажнения. Зона ничтожного увлажнения.
Лес, степь.	Зона экваториальная.	Экваториальная зона избыточного и достаточного увлажнения.
Пустыня, полупустыня.	Южная субтропическая зона.	Зона умеренного увлажнения. Зона недостаточного увлажнения. Зона скудного увлажнения. Зона ничтожного увлажнения.
Океанический перерыв		
	Зона центрально-ледниковая.	Полярная зона избыточного увлажнения.

Я подчеркиваю, что существует аналогия между обеими группами зон в самых основных чертах. Думается, что она не случайна, как не случайно и совпадение зон гидрогеологических (увлажнения), в частности зон грунтовых вод, с зонами геоморфологическими. Последние

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

являются зонами рельефа, и то, что зоны грунтовых вод совпадают с зонами рельефа, также не случайно: это лишь расширение и обоб-

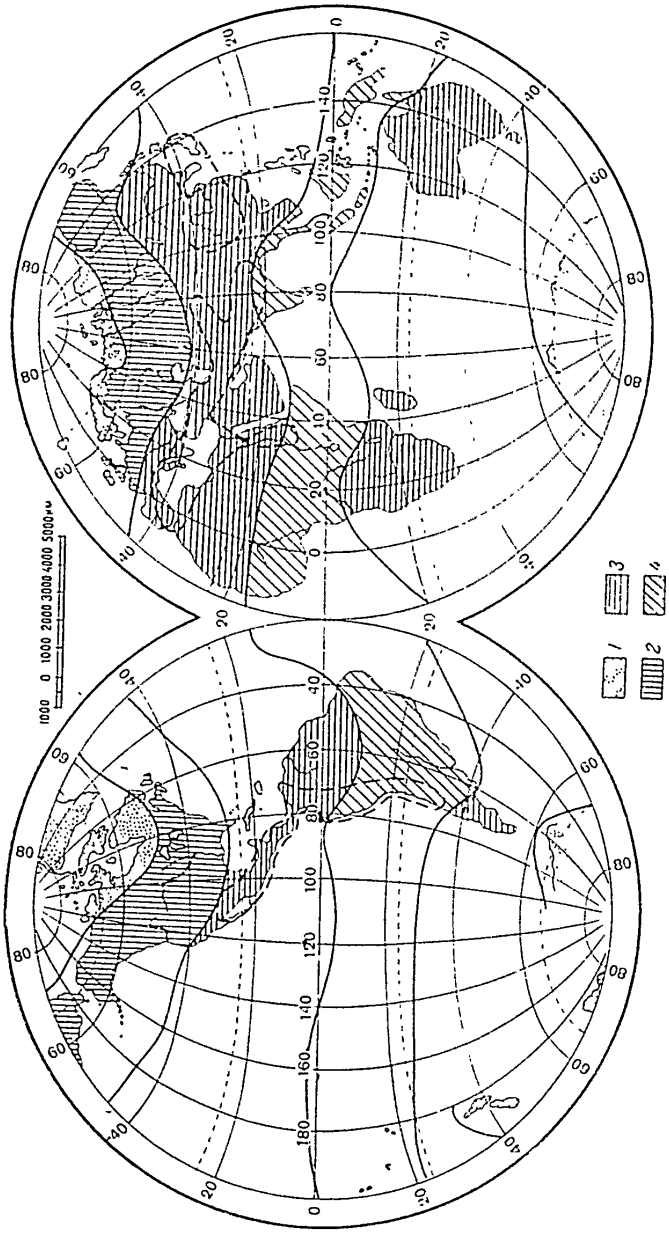


Рис. 5. Эпирогенические движения и районы земного шара.
1 — центрально-ледниковая зона, *2* — зона периферического оледенения и переходная, *3* — зона субтропическая, *4* — зона экваториальная.

щение той закономерности, с которой мы столкнулись уже раньше при рассмотрении Полесья. Очевидно, каждая законченная геоморфологическая зона как целое не может не обладать своеобразными поверхностными и грунтовыми водами.

Если принять это положение, то данная нами схема зон грунтовых вод нашей планеты будет неполной — в ней будет отсутствовать зона

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

горных поясов. Очевидно, следуя указанию Ланге и продолжающей его мысль Решеткиной, надо эту зону ввести. На табл. 4 место ее будет среди зоны пустынь, которую горная зона в основном будет расщеплять, а частью ограничивать. Я считаю, что это указание названных исследователей совершенно правильно и должно быть принято.

Если горные пояса с прилегающими связанными с ними равнинами мы введем в число наших зон, то мы должны учесть, что в эту зону горных поясов и их окружения должны войти не только горные поднятия, но и территории прилегающих горных опусканий. Дело здесь в следующем. Поднятия неразрывно связаны с опусканиями, и я всегда говорил об единой горно-геосинклинальной зоне, куда входят и опускания и поднятия (1934, стр. 5—11, 75). Горные хребты средиземноморской полосы Европы и Америки и ее продолжение в Азии тесно связаны не только с наземными геосинклиналями предгорных и окологорных впадин, но с геосинклиналями настоящими морскими: Средиземного, Черного, южной части Каспийского морей и т. п. Поэтому выделяемую мной зону я не могу назвать «зоной пустынь, окаймляющих горные поднятия вместе с этими поднятиями». Ее естественнее назвать более широко так: средиземноморский горно-геосинклинальный пояс с входящими в его состав пустынями окологорных аллювиальных равнин, а равно с равнинами межгорными и предгорными.

Основные гидрогеологические зоны нашей планеты получатся в этом случае такие: 1) полярно-тундровая северная зона; 2) лесная зона; 3) полесская зона; 4) лесостепная зона; 5) зона степей; 6) зона полупустынь; 7) средиземноморский (северный), или правильнее субтропический горно-геосинклинальный пояс с входящими в его состав пустынями окологорных аллювиальных равнин, а равно с равнинами межгорными и предгорными; 8) экваториально-тропическая зона (тропическая пустыня, влажные леса, тропическая пустыня); 9) фрагменты южного субтропического горно-геосинклинального пояса с входящими в него пустынями и полупустынями; 10) полярная южная зона.

V

Мы пришли к необходимости включить средиземноморский горный пояс в линию зональных гидрогеологических полос на основе следующих положений.

Пустыня является несомненно определенной зоной, так же как полупустыня и степь. Как правильно говорят О. К. Ланге и Н. М. Решеткина, пустыни, однако, не отделимы от предгорных и межгорных впадин, а эти последние — от гор и их вертикального поднятия. Если это так, то пустыни не отделимы от пояса гор и являются его спутниками. То же самое утверждал я в начале 30-х годов, когда подчеркивал неотделимость аллювиальных окологорных равнин от горных поясов. О. К. Ланге и Н. М. Решеткина указали эту связь конкретнее: через предгорные и межгорные впадины. Однако и мной это промежуточное звено было указано в виде поверхностей подножья (1945а). Аллювиальные окологорные равнины бывают, однако, подлинными пустынями лишь в условиях глубоко континентальных; ближе к океану, как в Западной Европе, они в значительной мере этот характер теряют. Эту частную оговорку надо иметь в виду. Она ни в какой мере не противоречит общему положению, что горные

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

поднятия и погружения здесь неотрывны от непосредственно сопровождающих их равнинных территорий. Из этого следует вывод, что они подчиняются одной и той же горизонтальной зональности. Иначе говоря, это значит, что той же широтной зональности подчинена глубокая геологическая структура. Это очень важный момент, указывающий на то, что зональность расположения горных поясов совпадает с зональностью равнинной и что поднятия—опускания субтропического пояса — это не нечто инородное, врывающееся в рельеф равнины. Оно нарушает рельеф равнины только высотами своих поднятий и некоторыми дополнительными процессами, сопровождающими это поднятие, но по положению своему это явление не выходит из границ равнинной зональности.

Таким образом, субтропический пояс горных возвышенностей умещается целиком в пределах субтропической зоны моего чертежа (1927б) в основном между 25—50-ми параллелями, особенно ясен он в северном полушарии. Продумывая сейчас этот вопрос, я должен придти к выводу, что это совпадение не случайно. В 1927 г. я старался изложить основную закономерность вековых поднятий и опусканий (1927б). Но я там избегал говорить о горах и ограничивался только движениями на равнинных частях материков. Это было неправильно, так как поднятия гор представляют собой особую разновидность вековых поднятий и опусканий, отмечающихся большой амплитудой. Странно было бы для подобных движений создавать особую схему. К этому, собственно, вели и моя теория аллювиальных равнин и только что появившиеся новые теории О. К. Ланге и Н. М. Решеткиной.

Сделанный нами сейчас вывод имеет большое принципиальное значение.

Как уже упоминалось, закон зональности для поверхности Земли имел следующую историю. Сначала была подмечена зональность в области климатической и в области явлений растительности и животного мира; позже эта идея была распространена на почвы, и тогда великая связь трех явлений привела к выводу, что здесь проявляется общий закон зональности, который и был сформулирован В. В. Докучаевым. После В. В. Докучаева на основе его идей была открыта зональность природных вод и, в частности, вод грунтовых. Я высказал выше мысль, что если привлечение почв к первоначальным трем группам явлений вызвало создание закона зональности, то углубление в земную кору и открытие там подчиняющихся этому закону явлений могут вызвать изменение содержания этого закона, новую его трактовку.

Затем мы увидели неизбежность связи поверхностных вод с рельефом и убедились в правдоподобной зависимости грунтовых вод от рельефа. Полной неожиданностью это не было, ибо и сам Докучаев для явлений, связанных с рельефом гор, говорил о вертикальной климатической зональности, сопоставляя ее с горизонтальной климатической зональностью. Он правильно настаивал на их аналогии. Однако здесь мы встретились с совсем новым привходящим обстоятельством, состоящим в том, что зональность расположения горных систем оказалась такою же, что и зональность равнинных образований рельефа. Это большое расширение поля действия закона зональности Докучаева. Оказалось, что этому закону подчиняется и рельеф как горный, так и равнинный. Но горы, как не толковать их происхождение, возникают из недр. А если это так, то значит в какой-то степени и почему-то закон зональности распространяется и на недра и их структуры.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Напомню, что в начале изложения я говорил о том, что мы привыкли думать о зональности как о явлении поверхностном, не охватывающем недр. Однако на данном факте выясняется, что недра тоже как-то охвачены этим законом и влияние зональности входит в них глубоко. К этому выводу мы только что подошли в связи с рельефом.

Мы уже говорили, что грунтовые воды, располагающиеся глубже, чем почвы, наводят на мысль, что глубина нахождения в теле земного эллипсоида явлений, подчиняющихся широтной зональности, больше, чем думал автор закона. Не только климат, определяющий зоны органического мира и почвенные, но также рельеф и структуры в очень большой своей части подчиняются широтной зональности. В связи с этим надо подчеркнуть, что если зональность климата, почв и органического мира можно объяснить на основе солнечного тепла, то зональность структур и рельефа зависит от вращения нашей планеты. Предыдущее изложение подтвердило это, и мы действительно увидели, что зоны подземных вод, значительная часть которых связана со структурами, несколько иные, чем зоны климатические, и от последних частично отходят. Это тоже очень важно заметить, особенно в связи с только что указанным глубоким проникновением вниз зональности в области горных систем. Оно здесь должно сказываться на водах и притом совсем независимо от климатических влияний, которые не идут так глубоко внутрь земли.

Мысль о том, что горные структуры земного эллипсоида зональны, была высказана мной довольно ясно (1927б). Хотя потом, на протяжении двадцати пяти лет, я продолжал развивать эту мысль, все больше подчеркивая связь их генезиса с вращением Земли, я встретил на нее в литературе мало откликов. Сочувственно отозвался на мои высказывания в 1930 г. Л. С. Берг. Он писал в своих «Ландшафтно-географических зонах СССР» (1930, стр. 26): «Зональны, оказывается, ... в известной степени и тектонические явления, именно вековые поднятия и опускания земной коры. Личков обращает внимание на то, что поднятия и опускания... располагались широтными зонами... Затем обладает зональностью тоже число землетрясений». Шестью годами позже немецкий геолог Серж Бубнов (1936) отметил, что мной, как продолжение соображений Зергеля об оттоке магмы из-под центральных оледенений и их периферии, указан механизм, охватывающий всю Европу, включая и юг ее. При учете этого механизма, по его мнению, в новом свете предстают средиземноморские террасы Депере и Ламотта, которые оказываются показателями не «надкорковых изменений уровней воды», а марками «подкорковых магматических образований» (стр. 1482), т. е. движений земной коры. Оба автора обратили, таким образом, внимание на то, что я пришел к выводу о зональности тектонических движений. Если это учесть, то можно сказать, что одни и те же зоны, ориентированные параллельно экватору, являются не только климатическими, но и тектоническими. Выражается это ярче всего в поднятиях горных поясов.

А. Е. Ферсман (1934), трактуя геохимические системы, говорил о «широтных климатических зонах» и противопоставлял их «основным геотектоническим циклам». Широтные зоны он связывал с «солнцем»; «солнечной энергией» (стр. 147) и, следовательно, с климатическими воздействиями. А. Е. Ферсман и не подозревал, что средиземноморский тектонический пояс это одна из широтных зон и что тектоника, таким образом, укладывается в ту же зональность, но только, конечно, не

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

климатическую. Поэтому неправ был А. Е. Ферсман, когда он все сводил к климатам.

Я всегда рассматривал климатическую зональность как нечто первичное, являющееся следствием шарообразности (эллипсоидальности) Земли и проистекающее из определенного расположения зон Земли между полюсами и экватором по отношению к Солнцу, дающему Земле теплоту. Однако Земля не только шарообразна, но она вместе с тем и подвижна, во-первых, она вращается вокруг своей оси, во-вторых, делает круговорот вокруг Солнца. Есть основание думать, что движения Земли в целом, имея своим производным тектонику, создают рядом с климатической зональностью тектоническую. Если это так, то климатическая зональность не первична и не зависима, а может испытывать воздействие изменений земных структур. В частности на нее может воздействовать поднятие горных поясов — явление, конечно, тектоническое, а не климатическое.

В 1946 г. Л. С. Берг опубликовал статью, которая была возражением против этой мысли. Статья называлась «О предполагаемой связи между великими оледенениями и горообразованием» (1949а). Л. С. Берг отрицал эту связь. Он говорил: «Совершенно излишне перечислять всех авторов, которые так думают». И вместо того чтобы ссылаться на всех авторов, он процитировал одно место из моей статьи 1941 г.: «Горные и материковые ледники, а равно и обусловливаемые ими ледниковые эпохи, повторявшиеся в истории Земли неоднократно, каждый раз обусловливались подъемом горных цепей, а равно подъемом хотя и иного порядка больших участков нагорной суши соответственной эпохи... в... эпохи истории Земли, когда оледенений не было, не было также и контрастов рельефа, обусловливаемых наличием высоких поднятий в сочетании с составными опусканиями (Личков, 1941, стр. 6)».

Л. С. Берг по этому поводу дальше писал: «Нельзя отрицать, что каждое интенсивное горообразование могло повлечь за собой оледенение данной горной страны, подобно тому как в настоящее время ледниками покрыты высокогорья Альп, Кавказа, Тянь-Шаня, Гималаев и так далее».

Что содержится в этой фразе? Признание того, что средиземноморский, или субтропический, горный пояс — широтная зона по предыдущему нашему изложению — оказывает влияние на климат. Иначе говоря, в этих словах связь горообразования с оледенением утверждается. Против чего же тогда спорил Л. С. Берг? Ответ на этот вопрос дают такие его слова: «Мы имели в виду не это (т. е. не оледенение горных систем), а обширные оледенения значительных площадей материков, какие происходят, например, в течение четвертичной ледниковой эпохи. И вот в отношении такого типа ледникового покрова нужно сказать, что мнение о связи такого типа ледникового покрова с орогенией не может быть признано правильным» (1949а). Это высказывание верно, если иметь в виду орогению в старом традиционном понимании этого слова; конечно, поднятия Фенно-Скандии, Канады, Гренландии — полярных участков, где особенно сильно было четвертичное оледенение, не были орогенезом, и никто сейчас их таковым не считает.

Несмотря на всю правильность в данном случае того, что полярная равнинная область — не то, что горный пояс, а нечто совсем иное, совершенно несомненно, что именно этим способом может выдвигаться новая зона среди равнинных территорий. Иначе говоря, здесь опять

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

влияние на климат поднятия, но уже иного характера. Дело в следующем. Фрагменты полярной суши, перечисленные выше, поднимались в четвертичное время весьма значительно — до нескольких сотен и даже до тысячи метров. В условиях полярного климата, который во всех случаях холоднее климата любой другой зоны Земли, даже такое незначительное поднятие может привести к оледенению, и это именно я предполагал. Против этой мысли Л. С. Берг не представил ни одного возражения.

Мы проанализировали соображения Л. С. Берга в его работе и пришли к выводу, что изменения рельефа в двух видах оказывают влияние на климаты: в виде поднятия горного пояса, которое приводит к оледенению гор, и в виде поднятия полярной суши, которое приводит для этой суши к тому же результату. Против этого Л. С. Берг возражений не представил.

В своих «Ландшафтных географических зонах» (1930), написанных ранее упомянутой статьи о связи между великими оледенениями и горообразованием, Л. С. Берг признал правильной мою мысль о зональности тектонических структур. Однако если зонален климат и зональны структуры в виде ли горных или полярных поднятий, это значит, что последние не могут не влиять на климат, а вместе с климатом — на закономерности распределения в Земле грунтовых вод. Ясно, что изменения подземных структур, обусловившие изменения рельефа, способствуя увеличению осадков и конденсации ледниковых масс на суше, вызвали, с одной стороны, охлаждение, а с другой, — увеличение влагооборота в пределах материка, и это не могло не создать условий для изменений и в грунтовых водах и даже в водах более глубоких.

Л. С. Берг говорит о возникновении оледенений не от этих причин, а от прямого охлаждения климата, но не есть ли это плюзия? Охлаждение климата, конечно, в ледниковые эпохи имеет место, но ведь это результат каких-то причин, и если не иметь этих причин на Солнце, то найти иные причины, кроме тех, которые я указал, нет возможности. Я полагаю поэтому, что влияние структурных изменений Земли на климат едва ли можно отрицать.

VI

Вернемся к подземным водам. В средиземноморском северном горном поясе, который является одним из двух субтропических поясов, мы встречали ряд своеобразных типов грунтовых вод: 1) грунтовые потоки аллювиальных равнин, 2) грунтовые потоки межгорных и внутригорных равнин и 3) бассейны грунтовых вод склонов и вершин. Но, кроме этого, к зональным водам надо причислить восходящие воды горных систем. Той же горизонтальной зональности подчинены и глубокие воды горных артезианских бассейнов и еще более глубокие трещинные глубинные воды.

Остановимся на обоих этих случаях.

Длительные размышления по поводу подземных вод и их роли на нашей планете привели меня к мысли о том, что все природные воды планеты являются участниками большого круговорота, и нет природной воды, которая бы в этом круговороте не участвовала. Круговорот этот в основном слагается из двух фаз — нисходящей, в которой воды поверхности опускаются, и восходящей, в которой воды глубин поднимаются кверху. Вместе с этим круговоротом происходит миграция химических элементов.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Вода — главный растворитель земной коры, в ней растворяются химические элементы и происходят все химические реакции. Поэтому и миграция элементов осуществляется в водном процессе, в котором создаются и новые вадозные и ювенильные минералы. Для гидрогеологов и геохимиков исключительно важным представляется точно указать, где именно на просторах материков осуществляется нисходящее движение воды и где происходит ее восходящее движение. Этого до сих пор никто для грунтовых вод не отмечал.

А. Е. Ферсман (1934) на территории материков нашей планеты отмечал такие три типа геохимических систем: щиты, горные пояса и огромные территории материковых равнинных платформ. И щиты и горные пояса, в противоположность равнинным платформам, являются территориями, для которых характерны восходящие движения водных растворов и магматических выделений — пегматитов, а равно иных расплавленных масс по тем разломам, которые сопровождают эти структуры, местами разбивая их на части, местами же разграничивая и отделяя их от соседних структур. В противоположность этому на платформах, как мы говорили, больших движений земной коры не происходит; это — территория осадкообразовательного процесса в мелких морях. Выделений расплавленных масс здесь также нет, разломы земной коры горного типа имеются лишь очень древние, а те, которые создаются сейчас, своеобразны, отличаясь от горных по интенсивности и глубине; нет поэтому здесь и восхождения глубинных вод. Говоря это, мы в полной мере учитываем наличие на равнинных платформах артезианских напорных (т. е. глубоких) вод и не отрицаем случаев их поднятия. Однако это не есть то воздымание глубинных вод, с которым мы встречаемся в щитах и горных поясах. Дело в том, что перед нами в равнинных бассейнах глубокие воды осадочных пород, пласты которых препятствуют, вследствие своей непроницаемости, выходу и поднятию из-под мульдовых структур глубинных вод. Наоборот, в горных поясах и щитах такие поднятия имеются вследствие разрывов в непроницаемых породах. Ход геохимических процессов находится в зависимости от геохимической обстановки, а последняя обусловлена геологической и тектонической историей местности. Оставляя в стороне щиты, мы остановимся на горных поясах, которые интересуют нас в связи с вышеупомянутым средиземноморским поясом.

Во время мощных поднятий горных поясов (каледонских, позже варисцийских и, наконец, в самое последнее время — альпийских) выливались восходящие магмы, горячие термы и вообще восходящие глубинные воды, находясь посреди немобильных зон материковых пространств. Из сказанного мы вправе сделать вывод, что щиты и горные пояса — это места проявления восходящей части водного круговорота, ровные же материковые платформы — спокойные поля земной поверхности, представляющие собой по преимуществу (за исключением случаев высачивания артезианских вод) территории нисходящей миграции вод и их впитывания в глубины материка, которые так или иначе их принимают. Возвращаются эти воды на поверхность на территориях горных поясов и щитов. В связи с этим, а частью в связи с той конденсацией вод в ледниковых шапках, вследствие которой собираются на материковых горах большие количества наземных вод в результате горных и других поднятий, можно говорить о питающей роли горных поясов и щитов, которую они исполняют в отношении вод спокойных равнин.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Мы изложили общую схему хода круговорота вод в земной коре. Если рассмотреть те основные зоны, на которые, по моему мнению, можно разделить земную поверхность, то среди этих десяти зон (стр. 102—103 настоящей статьи) особо выделяется седьмая — два субтропических горных пояса. В данной зоне по разломам земной коры могут подниматься снизу вверх глубинные воды и превращаться на поверхности в воды вадозные. Это обусловлено большими движениями (поднятиями—опусканиями) этих поясов.

Как мы уже упоминали, для полярных областей также характерны поднятия [61-я критическая параллель М. В. Стовраса (1951)], здесь они спокойнее и не сопровождаются такими расколами. Вследствие этого здесь, повидимому, нет такого восходящего движения глубоких вод, как в субтропических поясах. В субтропических горных поясах на 35-х параллелях находятся, кроме того, выходы глубинных вод (Стовас, 1951). Надо сказать, что они вообще приурочены к горным поясам. На земле имеются два типа горных поясов: кроме субтропического есть еще тихоокеанский, и к нему, так же как и к субтропическому, приурочены выходы указанных вод. Однако о тихоокеанском поясе мы сейчас не говорим, ибо он не входит в горизонтальную зональность, а, как мы увидим, нарушает ее.

Таким образом, в горной субтропической зоне имеются следующие типы характеризующих ее подземных вод: 1) грунтовые потоки наземных аллювиальных равнин, 2) грунтовые потоки межгорных и внутригорных равнин, 3) бассейны грунтовых вод склонов, 4) совершенно своеобразные глубокие воды артезианских бассейнов и, наконец, 5) современные и древние выходы глубинных вод.

О трех первых типах подземных вод я уже говорил. Вкратце остановлюсь на водах артезианских бассейнов и несколько подробнее — на глубинных водах.

Мною неоднократно указывалось и первый раз — в 1948 г. на Гидрогеологическом Совещании в Москве, созванном по инициативе Лаборатории гидрогеологических проблем, что продольные долины горных систем представляют места расположения артезианских горных мульд, которые по структуре в основном подобны артезианским мульдам равнин. Горные мульды отличаются от равнинных тем, что в них имеют большее развитие сбросовые и вообще разломовые явления. В связи с этим участки опусканий частично, а иногда целиком оторваны от участков поднятий. Поэтому на этих стыках возможно проникновение глубинных вод.

Глубокие воды земной коры вообще считаются в противоположность грунтовым водам незональными, так как они не зависят от климатических условий поверхности. Однако Н. И. Толстихин (1953) показал, что вековые климатические условия распространяются и на них. Поэтому в пределах СССР воды северо-восточных бассейнов отличаются по температурам и химизму от вод Западной Сибири, северных и южных бассейнов Европы. Есть основание думать, что такую же зональность и в той же мере можно частично распространить, следуя Толстихину, и на артезианские воды горных поясов.

VII

Выходы зональных глубинных вод в зональных структурах средиземноморской зоны являются результатом сводового и глыбового поднятий и обособления выделившихся горных структур, которые, таким

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

образом, в результате разломов отделились от спокойных территорий иного типа и сами в свою очередь оказались разбиты внутренними разломами. Все это произошло в связи с основным поднятием и смежным с ним погружением структур. Мы считаем необходимым в общей форме сказать, что именно прямое поднятие, а не тангенциальное складкообразование проявилось больше всего в создании гор. Складкообразование же явилось только добавочным фактором, следствием поднятий, вуалирующим эти прямые поднятия на поверхности.

На фоне структур тектонического поднятия сейчас нас интересует вопрос о водах более глубоких, чем грунтовые, а именно о водах структур этих поднятий. В данном случае мы имеем в виду те горные поднятия и их подземные воды, которые располагаются между 20—50-ми параллелями или на 35-х параллелях, как это доказал в 1951 г. в своей кандидатской диссертации М. В. Стовас.

Мы не можем, однако, забывать о том, что, кроме горных структур, ориентированных по этой широтной зональности и приуроченных к критическим 35-м параллелям, имеются на Земле и другие пояса расположения горных структур, иначе ориентированные. Больше всего в данном случае приходится иметь в виду пояс тихоокеанских горных цепей, окаймляющих с обеих сторон Тихий океан.

Как еще одно дополнительное указание о воздействии структур на климатические условия и влагооборот можно указать на те участки, где пояс широтных гор переходит в тихоокеанское кольцо. Здесь можно определенно видеть нарушение широтных зон и зон влагооборота. Очень характерно изображение на моей карте (рис. 5) отклонения широтной зоны тектонических горных нарушений в восточной Азии на север. Это как бы переход широтной зоны на востоке в тихоокеанское кольцо. На Американском материке такой изгиб не доказан, но можно предполагать, что и там происходит то же самое: границы зоны должны подниматься к северу в охват побережья Тихого океана.

Поучительно, что на востоке Азии, судя по карте, то же самое происходит с зоной увлажнения. Зона умеренного увлажнения в Якутии тянется на северо-восток, также как бы ориентируясь на побережье Тихого океана. Получается, что к району полюса холода Оймекон—Верхоянск продолжается зона, которая в Европе проходит по средним широтам. Это очень интересно и связано, как указал Н. Н. Иванов (1941), с сухостью, вызванной вечной мерзлотой.

То же самое, очевидно, имеет место и по другую сторону Тихого океана, в области вечной мерзлоты в Северной Америке. Здесь происходит поворот средиземноморских вытянутых вдоль параллелей зон вблизи побережий Тихого океана на север вдоль указанных побережий. Это как бы переход от средиземноморского пояса к тихоокеанскому.

Этот же поворот, который, как мы говорили, виден на карте вековых поднятий и опусканий, можно заметить и на карте Н. Н. Иванова (рис. 4). Из этой карты видно, что зоны рельефа и структур, а равно гидрогеологические несколько расходятся с зонами растительности и климатическими: средиземноморский горный пояс явно кончается и сменяется поясом тихоокеанским, в который он постепенно переходит; зоны рельефа и зоны увлажнения одинаково делают этот поворот перехода в тихоокеанский пояс.

Из средиземноморского пояса в тихоокеанский переходят зоны грунтовых вод, окружающие горные пояса, и сюда поворачивает, плавно переходит и продолжается зона выхода на поверхность глубинных вод.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Выше было отмечено, что почти все земные горы укладываются в тихоокеанское кольцо и средиземноморский пояс.

Соответственно основной задаче этой статьи, обсуждение строения тихоокеанского пояса не входит в наши задачи. Однако говорить об этом поясе нам все же придется. Во-первых, мы о нем говорим в связи с переходом на определенных участках гор 35-й параллели в горы тихоокеанские. Во-вторых, чтобы осветить распространение более подземных вод в широтно-зональном поясе гор, нам также придется учесть некоторые факты, относящиеся к этому же вопросу в поясе Тихого океана.

Мы обратимся к некоторым чертам палеогидрогеологии тихоокеанского пояса.

В 1946 г. С. С. Смирновым была опубликована статья «О тихоокеанском рудном поясе», где автор дал четкую и яркую картину закономерностей размещения рудных богатств в этом поясе. На американской стороне Тихого океана внутреннюю часть этого пояса, т. е. ближайшую к морю, образуют месторождения меди с добавлением в некоторых местах месторождений серебра и золота. Эта меднорудная зона очень богата. В Андах Южной Америки (в Боливии) ее сменяет знаменитая оловорудная зона Боливии, расположенная дальше от берега. Но вообще оловорудный пояс в пределах Северной и Южной Америки развит слабо, гораздо слабее медного.

Иное наблюдается в Азии. Здесь как раз зона медного оруденения сосредоточивается в Японии и на других островах востока Азии, в частности на Тайване (Формоза) и Филиппинских островах. Она продолжается в Австралии и затем сходит на нет. Наоборот, в Австрало-Азиатском районе громадное развитие имеет олово-вольфрамовое оруденение, которое расположено дальше от берега во внешней зоне оруденений. Оно здесь проникает значительно вглубь материка, вплоть до Забайкалья, и охватывает Приамурье, Приморье и северо-восток Азии.

Внутренняя зона месторождений отвечает той части пояса гор, которая граничит с геосинклиналями океана. Что же касается внешней зоны месторождений, то она приурочена к границам материковой платформы. Так говорил С. С. Смирнов.

А. Е. Ферсман (1934, стр. 151), характеризуя горные пояса как геохимические, указал, что в них на сотни километров выдерживается закономерное распределение химических элементов. По оси этих поясов сосредоточены самые высокотемпературные образования — руды редких металлов: урана, ниобия, тантала, бериллия и лития, пегматитовые жилы. В непосредственной близости они, нередко прорывая толщу пород, дают скопления летучих и легко подвижных веществ в сочетании со скоплениями олова или вольфрама. Еще дальше к периферии расположена зона выхода горячих водных растворов — гидротермолитов — с соединениями меди, цинка и пр.

Если мы эти указания А. Е. Ферсмана применим к зонам тихоокеанского рудного пояса, то можно считать, что полезные ископаемые обеих рудных зон этого пояса связаны или с пневматолитовыми, или с гидротермолитовыми выделениями снизу. Это значит, что они так или иначе обусловлены выходами с глубин или парообразных или капельно жидких вод. К этим горным поясам приурочены, кроме того, выходы глубинных минеральных вод. Таким образом, тот пояс выхода на поверхность глубоких вод, который в Евразии приурочен к зональному средиземноморскому поясу гор, ясно выражен, как это подтверждают

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

палеогидрогеологические признаки (Чирвинский, 1933; Смирнов, 1946). и в тихоокеанском поясе. Это поднятие вод с глубин связано с глубокими трещинами и разломами.

О трещинах и разломах говорят нам и фокальные поверхности землетрясений, уходящие вглубь материка от океана. Очевидно, есть смысл при этих условиях сопоставить с оруденением зоны фокусов землетрясений определенной глубины (рис. 6). За основу взята карта тихоокеанского рудного пояса, и на нее нанесены данные о глубинах фокусов землетрясений. Картина сопоставления того и другого получается довольно поучительная. Оказывается, что в Америке вся медорудная зона совпадает с зоной мелких и нормальных землетрясений. Что касается зоны оловянной, то с нею совпадают глубокие промежуточные землетрясения. Сложнее выглядит картина на востоке Азии. Однако и здесь видно, что, например, медная зона находится дальше от края материка, чем зона глубокофокусных землетрясений. Однако главные области олово-вольфрамового оруденения внутри материка удалены дальше вглубь, чем самые глубокие по фокусам землетрясения. Но всякому ясно, что с оловянным оруденением и там и здесь, судя по сейсмам, связаны более глубокие разломы, чем с медным оруденением, и, кроме того, видна известная согласованность полос рудных ископаемых с полосами разломов, указываемых сейсмами разных глубин фокусов. Из этого вытекает, что именно с такими разломами связаны выходы паров вод и самих вод как рудных, так и минеральных, вообще глубинных. В связи с этим не подлежит сомнению, что в тихоокеанском поясе продолжается та зона выхода на поверхность глубоких вод в горных системах, которую мы указали для широтного субтропического пояса. Вместе они составляют область восходящих выходов глубинных вод, противостоящую остальной территории материков, где господствуют процессы ухода вод на глубины.

Едва ли можно сомневаться, что воды областей тектонических погружений, где более близкие к поверхности осадочные породы — глины, известняки, угли — уходят на большие глубины, при атомных перегруппировках отдают недрам свою энергию и вместе с тем выделяют воды, которые создают накопления химических концентраций элементов в палеогидрогеологических зонах горных поясов. Последние, естественно, связаны со структурами и их очерчивают. Существуют они и в зоне 35-й параллели (Стовас, 1951).

Задачей нашей было осветить закон зональности грунтовых вод, указав их зоны для всей Земли. Эта задача выполнена. Вместе с тем мы ставили себе целью выяснить глубину проникновения в недра закона зональности и в связи с этим осветить степень подчинения этому закону всех более глубоких, в том числе и глубинных вод.

Эту задачу мы тоже выполнили, ибо при характеристике зон грунтовых вод мы пришли к выводу, что расположение горных структур земного шара зонально и вследствие этого зонально расположение мест выходов глубоких горных и глубинных вод на поверхность.

Попутно мы выяснили одну из основных закономерностей обмена вод глубин и вод, близких к поверхности, в их круговороте. Оказалось, что область зонального проникновения поверхностных вод в глубины — это почти вся земная поверхность. Областью же восходящего выхода глубинных вод на поверхность являются относительно узкие зоны горных поясов — субтропических и тихоокеанского. Выясняя черты тихоокеанского пояса, существование которого не отрицает

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

в принципе широтной зональности, но локально ее нарушает, мы изложили гипотезу о причинах этого нарушения и вообще осветили природу данного пояса. Это позволило нам на основе сейсмических данных получить некоторые новые сведения о глубинных водах.

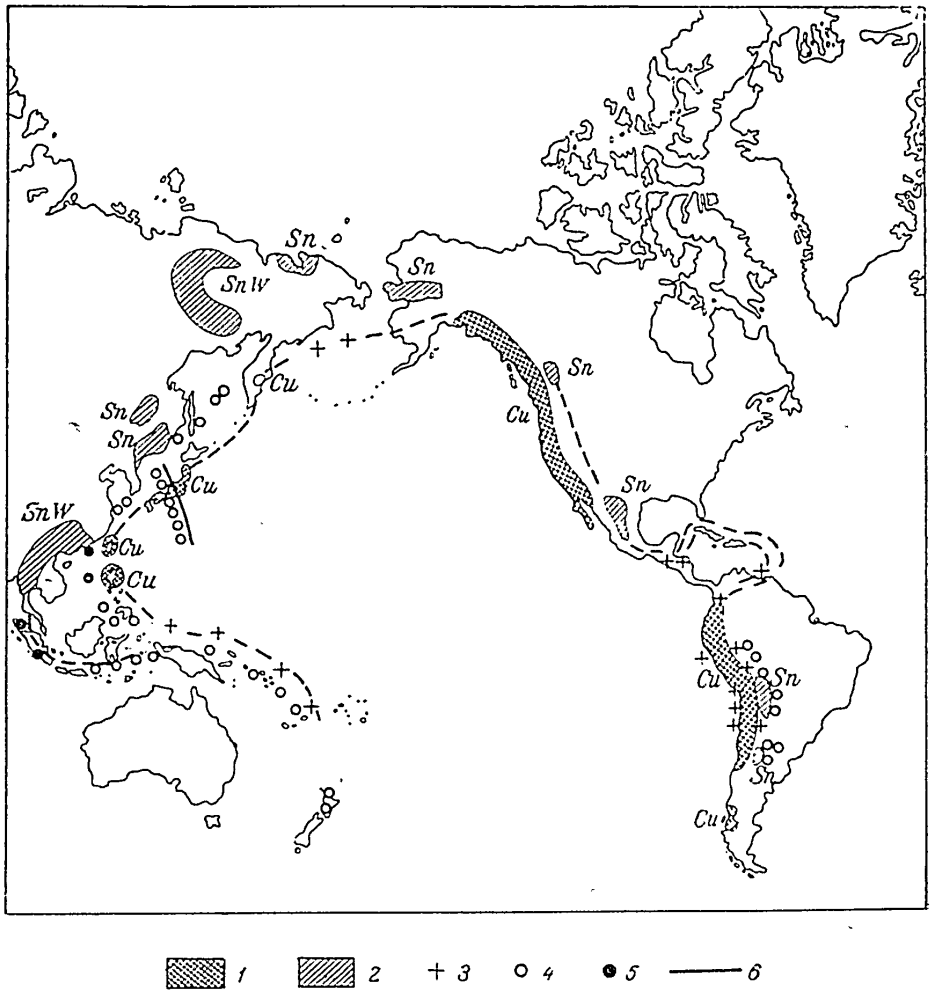


Рис. 6. Тихоокеанский рудный пояс (по С. С. Смирнову, 1946) и землетрясения.

1 — месторождения меди (а также Ag и Au), *2* — месторождения олова (а также W), *3* — нормальные землетрясения (40—60 км), *4* — землетрясения с глубоким фокусом (600—700 км), *5* — землетрясения промежуточные (200—250 км), *6* — тектоническая линия начала полинезийского пояса.

В итоге выяснилось, что закон зональности широко применим к водам как грунтовым, так и к гораздо более глубоким и что он определяет собой черты кругооборота вод на земном эллипсоиде, что вытекает из зональности горных структур в субтропических поясах.

Сфера применения закона зональности В. В. Докучаева таким образом расширилась, но изменилось и понимание зональности. Оказалось, что зональность не является исключительно климатической, а охватывает

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

и структуры. Здесь уже видно, что не одно солнце, но и какие-то еще другие факторы, прямо влияющие на структуры, определяют эту зональность, в основном параллельную климатической зональности. О причине, определяющей эту зональность структур планеты, надо говорить особо. Причина эта кроется в движениях планеты как целого и, прежде всего, в ее вращении.

Литература

Алабышев В. В. (1932). Зональность озерных отложений. Изв. Сапроп. ком., вып. VI. — Андрусов Н. И. (1907). Следы палюдиновых пластов юга России. Зап. Киевск. общ. естествоисп., т. 33. — Белоусов В. В. (1948). Общая геотектоника. М.—Л. — Берг Л. С. (1930). Ландшафтно-географические зоны СССР, ч. I, Л. — Берг Л. С. (1946). О предполагаемой связи между великими оледенениями и горообразованием (появилась статья в 1946 г.) (1949). Сб. статей Л. С. Берга «Очерки по физической географии», М.—Л. — Берг Л. С. (1949б). О предполагаемом раздвижении материков. Сб. статей Л. С. Берга «Очерки по физической географии», М.—Л. — (Бубнов С.) Bubnoff S. (1936). Geologie von Europa. Das Quartär Nord- und Mittel-Europas. Berlin. — Вернадский В. И. (1922). Страница из истории почвоведения. Очерки и речи. Пгр., вып. II. — Вернадский В. И. (1931). Об условиях появления жизни на земле. Изв. АН СССР, ОМЕН. — Вернадский В. И. (1933—1935). История природных вод. Научно-техн. изд., Л. — Высоцкий Г. Н. (1906). Об ороклиматических основах классификации почв. Почвоведение, 1—4. — Гарманов И. В. (1948). Зональность грунтовых вод Европейской части СССР. Тр. Лабор. гидрогеолог. проблем, т. III. — Герасимов И. П. и К. К. Марков. (1939). Ледниковый период в СССР. Тр. Инст. географии. — Гутенберг Б. и Рихтер К. (1948). Сейсмичность земли. М.—Л. — Добрынин В. Ф. (1948). Физическая география СССР. Учпедгиз. — Заварицкий А. Н. (1946). Некоторые факты, которые надо учитывать при тектонических построениях. Изв. АН СССР, сер. геолог., № 2. — Иванов Н. Н. (1941). Зоны увлажнения земного шара. Изв. АН СССР, № 3, сер. геогр. и геофиз. — Ильин В. С (1925). Карта грунтовых вод Европейской части СССР и ЦПО. Тр. I Всеросс. Гидролог. съезда. — Ильин В. С. (1930). Грунтовые воды. БСЭ, 1-е изд., т. XIX. — Каменский Г. Н. (1949). Зональность грунтовых вод и почвенно-географические зоны. Тр. Лабор. гидрогеолог. проблем, т. VI. — Козловский Д. А. (1936). Материалы по гидрогеологии центральных Каракумов. Сб. «Каракумы», Мат. КЭИ, вып. 29. — Кригер Н. И. (1936). Четвертичные отложения долины среднего течения Оки и Окско-Пронского водораздела в связи с историей рельефа. Землеведение, т. 38, вып. 2. — Крубер А. А. (1897). Болота и озера Богородского уезда Московской губ. Землеведение, кн. 3—4. — Кунин В. Н. (1946). Происхождение вод Каракумов. Изв. АН СССР, сер. геогр и геофиз. — Кунин В. Н. (1948). О глубине физико-географического воздействия. Изв. Географ. общ. — Ланге О. К. (1947а). О зональности распределения грунтовых вод на территории СССР. Оч. регион. гидрогеолог., новая серия, вып. 8 (12), М. — Ланге О. К. (1947б). Представления о провинциях и зонах в гидрогеологии. Вестн. Моск. унив., №. 12. — Ласкарев В. Д. (1914). Геологические исследования в юго-западной России (лист 17-й). Тр. Геол. ком., вып. 77. — Ласкарев В. Д. (1916). О геоморфологическом разделении Европейской России. Геолог. вестн., т. II, № 5—6. — Лисицын К. И. (1927). О зональной особенности грунтовых вод на земном шаре и об оценке питьевых вод в сухих склонах. Тр. Геол. каб. Донского политехн. инст., Новочеркасск. — Лисицын К. И. (1929а). Об оценке питьевых вод в сухих районах. Тр. II Всеросс. Гидролог. съезда, ч. II, Л. — Лисицын К. И. (1929б). О законах распределения пресных и соленых грунтовых вод в сухих степях. Тр. II. Всеросс. Гидролог. съезда, ч. II, Л. — Личков Б. Л. (1927а). К характеристике зандрового ландшафта окрестностей Киева. Изв. АН СССР. — Личков Б. Л. (1927б). Основная закономерность вековых поднятий и опусканий. Природа, № 11. — Личков Б. Л. (1928а). К вопросу о геологической природе Полесья. Изв. АН СССР, ОФМ. — Личков Б. Л. (1928б). К вопросу о существовании пустынь в четвертичное время в Европе. Зап. Киевск. общ. естествоисп., вып. 3. — Личков Б. Л. (1928в). К вопросу о террасах Днепра, ч. II. Вісн. Українськ. Від. геолог. ком. — Личков Б. Л. (1928г). К геологической истории Полесья. ДАН СССР. — Личков Б. Л. (1928д). О террасах Днепра и Припяти. Мат. по общ. и прикл. геологии. Геол. ком., вып. 95. — Личков Б. Л. (1929а).

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Геоморфологические наблюдения на южной окраине Полесья. Тр. Геогр. отд. КЕПС АН СССР, вып. 2. — Личков Б. Л. (1929б). Некоторые черты к характеристике южного Полесья. Изв. Геол. ком., т. 47, № 9—10. — Личков Б. Л. (1929в). О так называемых ископаемых пустынях четвертичного времени в Европе. Тр. Геогр. отд. КЕПС АН СССР, вып. 2. — Личков Б. Л. (1930а). Древние оледенения и великие аллювиальные равнины. Природа, № 10. — Личков Б. Л. (1930б). Загадка Каракумов. Сб. «Каракумы», Мат. КЭИ, вып. 2. — Личков Б. Л. (1930в). Некоторые черты геоморфологии Европейской части СССР. Тр. Геоморф. инст., вып. 1. — Личков Б. Л. (1930г). О строении речных долин юга Украины. Изд. АН СССР, М.—Л. — Личков Б. Л. (1931, 1932а). О древних оледенениях и великих аллювиальных равнинах. Зап. Гос. Гидролог. инст., т. IV (1931); т. VI (1932а). — Личков Б. Л. (1932б). Великие аллювиальные равнины и древние оледенения в истории земного шара. Изв. Гос. Гидролог. инст., № 46. — Личков Б. Л. (1934). Об эпирогенических движениях в Русской равнине. (Предпосылки геоморфологической характеристики Европейской части СССР). Тр. Геоморф. инст. АН СССР, вып. 10. — Личков Б. Л. (1944а). О современном осадкообразовании. Почвоведение, № 1. — Личков Б. Л. (1944б). Пояса полесий и происхождение основных элементов рельефа Русской равнины. Изв. АН СССР, т. VIII, № 1, сер. геогр. и геофиз. — Личков Б. Л. (1945а). О горных денудационных поверхностях и их происхождении. Изв. Геогр. общ., № 4. — Личков Б. Л. (1945б). Современный метогенезис на материковых равнинах. Изв. АН СССР, т. IX, № 5—6, сер. геогр. и геофиз. — Личков Б. Л. (1948). Гидрогеологические основы мер борьбы с засухами. Вести. Ленингр. Гос. унив., № 12. — Лопатин Г. В. (1930). Рельеф Каракумов по нивелировке от Ашхабада до Северных бугров. Сб. «Каракумы», Мат. КЭИ, вып. 29. — Марков К. К. (1929). Древние материковые дюны Европы. Природа, № 6—9. — Мирчинк Г. Ф. (1933). Эпейрогенические колебания Европейской части СССР в течение четвертичного периода. Тр. Ассоц. по изуч. четвертичн. периода Европы, вып. 2. — Митгарц Б. Б. и М. М. Толстихина (1952). Основные этапы развития палеозойского-докембрийского фундамента в западной части Русской платформы. Мат. по геологии Европ. части СССР, Госгеолиздат. — Никитин С. Н. (1885). Пределы распространения ледниковых следов в Центральной России и на Кавказе. Изв. Геол. ком., № 4. — Отоцкий П. В. (1914). Добавление к первому русскому изд. книги Кейльгака «Подземные воды». — Попов М. Г. (1940). Растительный покров Казахстана. Каз. фил. АН СССР, вып. 18. — Распопов М. П. (1950). Районирование подземных вод равнины Европейской части СССР по условиям стока их в реки. Тр. Гос. Гидролог. инст., вып. 27(81). — Решеткина Н. М. (1950). Литология и водоносность пролювиально равнинного пояса Средней Азии. Изв. АН УзССР, № 5. — Саваренский Ф. П. (1935). Гидрогеология. ОНТИ, М.—Л. — Семенов-Тян-Шанский В. П. (1915). Типы местностей Европейской части России и Кавказа. Зап. Геогр. общ., т. 51. — Семенов-Тян-Шанский М. Д. (1946). Зона намечающегося иссушения земной поверхности на пространстве Европейской части СССР. Изв. Геогр. общ., т. 79, вып. 3. — Смирнов С. С. (1946). О Тихоокеанском рудном поясе. Изв. АН СССР, сер. геолог., № 2. — Соболев Д. Н. (1928). По поводу работы Б. Л. Личкова «К вопросу о террасах Днепра», ч. II, Изв. Укр. Геол. ком., вып. 11. — Соболев Д. Н. (1931). К геологии и геоморфологии Полесья. Вісти. Укр. геолого-разв. упр., вып. 16. — Соболевская В. Н. (1951). Палеогеография Русской платформы в верхнемеловую эпоху. Сб., посвящ. памяти А. Д. Архангельского, М. — Соловьев А. И. (1949). Мещерская низменность. Сб. «Рельеф Москвы и Подмосковья», М. — Стовас М. В. (1951). К вопросу о критических параллелях земного эллипсоида. Автореф. дисс., Л. — Судовский Д. (1907). К вопросу о почвенно-геологических исследованиях в Самарской губернии. Зап. Киевск. общ. естеств., т. XX, вып. 3. — Толстихин Н. И. (1953). Климатическая зональность артезианских вод (на примере СССР). Зап. Ленингр. горн. инст., т. XXIX, вып. 2. — Тутковский П. А. (1909). Ископаемые пустыни северного полушария. М. — Тутковский П. А. (1910). Зональность ландшафтов и почв Волынской губернии. Землеведение. — Тутковский П. А. (1913). Орографический очерк центрального и южного Полесья. М. — Тутковский П. А. (1922). Природня районізація України. Київ. — Тутковский П. А. (1924). Краєвиді України. Изд. «Червоний шлях». — Усов. Н. М. и В. Н. Хитрово (1923). Природа Орловской губернии. Орел. — Ферсман А. Е. (1934). Геохимия, т. 2. ОНТИ, Л. — Чирвинский П. Н. (1933). Палеогидрогеология. Пробл. сов. геологии, № 8. — Шатский Н. С. (1946). Гипотеза Вегенера и геосинклинали. Изв. АН СССР, сер. геолог., № 4. — Lencewitz St. (1922). Wydmy srodladowe. Polsky Prazi Inst. Geogr., Warschawa.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

1954 · ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ СБОРНИК · VI

ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО СОЮЗА ССР

Г. Н. ПЕТРОВ

ПЕРЕСЫХАЮЩИЕ РЕКИ ТАТАРСКОЙ АССР И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ОБВОДНЕНИЯ

ЛИТЕРАТУРНЫЕ ДАННЫЕ

На территории Татарской АССР водосборные бассейны сухих и пересыхающих рек занимают значительную площадь (рис. 1). По выражению В. Н. Семептовского, сухие реки являются гидрографическим парадоксом, так как, несмотря на наличие «реки», население страдает от отсутствия воды и лишено многочисленных удобств, которые создает река.

Впервые наличие пересыхающих рек отметил А. И. Воейков (1884), который дал климатическое объяснение их происхождению. При этом он не исключал возможности зональных отклонений особенно для малых рек, так как наряду с факторами климатическими, при характеристике водоносности рек считал необходимым учитывать весь комплекс физико-географических условий стока. Более определенно климатической точки зрения придерживались Э. Мортон (1939) и др. Б. П. Панов (1948) полагал, что сухие реки характерны только для засушливых областей, где они «являются реликтами рек, существовавших в более влажные периоды».

Недостаточность климатического объяснения пересыхающих рек очевидна, и И. С. Щукин (1933, стр. 86 и 159) совершенно справедливо считал их свойственными не только пустыням, но и карстовым областям, районам развития проницаемых пород и горным обезлесенным районам, в которых глубокие русла могут быть созданы временными бурными потоками, а подземный сток происходит в направлении, независимом от поверхностного рельефа. Д. Л. Соколовский (1946, стр. 16) наличие сухих рек считает следствием недостатка осадков, допуская иногда влияние карста. Для малых рек, по его мнению, причиной пересыхания является отсутствие подземного стока, который выклинивается ниже данного створа или в другой реке, имеющей долину с большей глубиной врезанного ложа.

В. Д. Зайков (1944) описал случаи, когда в более заболоченных районах реки имеют постоянный ток воды в течение всего года, а в более увалистых районах наблюдается пересыхание рек. По этому поводу он пишет: «...главнейшими и общими для всех территорий факторами стока, обусловливающими как его величину, так и ее колебания во времени и пространстве, являются климат и геология, т. е. основные элементы, на фоне взаимодействия которых создаются и остальные элементы ландшафта, как то: почвы, растительность и

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

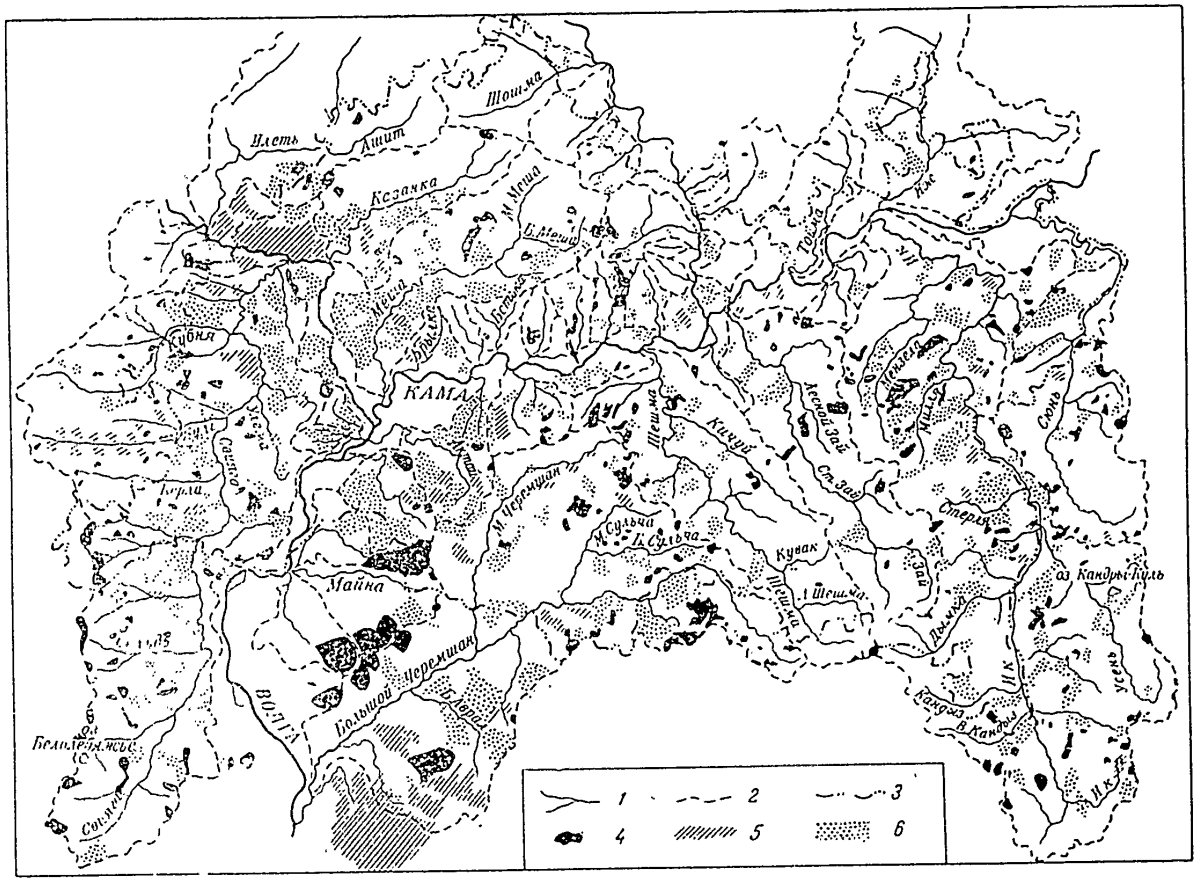


Рис. 1. Схема расположения пересыхающих рек в Татарской АССР и прилегающей территории. *1* — основная речная сеть, *2* — линии водораздела основных малых рек, *3* — административная граница Татарской АССР, *4* — площадь бассейна реки, пересыхающей в своем верхнем течении, *5* — площадь бассейна реки, пересыхающей на отдельных участках своего течения, *6* — площадь бассейна реки, пересыхающей на всем протяжении.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

прочее». Развивая это положение, Б. Д. Зайков указывает, что в зависимости от геологических условий бо́льшая или меньшая часть атмосферных осадков стекает по поверхности или идет на пополнение грунтовых вод.

Предполагая, что все инфильтрационные воды должны дренироваться реками, Б. Д. Зайков приходит к распространенному, но далеко не всегда справедливому выводу (1944), что при расчлененном рельефе имеется больше возможностей для развития сети поверхностных водотоков, которые в период засухи могут пересыхать вследствие меньшей обеспеченности водой. При равнинном характере местности и наличии водопроницаемых грунтов или трещиноватых горных пород речная сеть развита меньше и должна иметь сглаженный сток.

Наши исследования меженного стока и его распределения по рассматриваемой территории показали, что в равнинных районах со слабо развитой речной сетью количество пересыхающих рек увеличивается, что иллюстрируют данные табл. 1 и рис. 1. При этом не получается общих закономерностей между элементами орографии, густотой овражно-речной сети, лесистостью и почвенным покровом, с одной стороны, и наличием пересыхающих рек или модулем меженного расхода рек, с другой. Происходит это по вполне понятным причинам, так как с уменьшением густоты речной сети сокращается ее дренирующая способность, подобно тому как это наблюдается при редком расположении осушительных канав. Движение грунтовых вод в этом случае подчиняется не столько дренирующему влиянию рек, сколько общему наклону водоупорных горизонтов, часто отводящих подземные воды на питание отдаленных речных систем и даже артезианских бассейнов.

Таблица 1

Река	Уклон поверхности земли (в % от всей площади)			Коэффициент густоты сети, умноженный на 100		Лесистость (в %)	Почвы (в % от всей площади)		Средний модуль меженного расхода (в л/сек. км²)	Площадь бассейна пересыхающих рек (в % от всей площади)
	< 45′	45′—4°	> 4°	овражной	речной		черноземы	подзолистые		
Ик	9	78	13	6	32	9	82	18	1.44	13
Степной Зай	5	74	21	7	36	17	71	29	1.85	5
Шешма	17	56	27	11	30	20	77	23	2.20	6
Актай	64	36	—	9	22	6	68	32	0.91	40
Бездна	84	15	1	10	14	6	99	1	0.83	50
Утка	87	9	4	3	10	18	54	46	0.55	30
Майна	76	21	3	4	12	15	63	37	1.60	24
Свияга	27	68	5	20	25	13	60	40	1.03	15
Казанка	23	74	3	41	31	12	10	90	2.03	18
Меша	46	49	6	19	25	16	—	100	1.50	25
Шошма	36	63	1	40	39	10	—	100	0.88	1

Примечание. Коэффициент густоты речной сети и площади бассейнов определены Е. М. Зиновьевой, прочие данные получены автором при совместной с нею обработке материалов.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Отдельные указания о пересыхающих реках Татарской АССР и прилегающей территории встречаются у А. П. Павлова (1898), Е. Е. Попова (1921), в отчетах Земства за 1899 и 1900 годы. Более подробные сведения о пересыхающих и сухих реках приведены В. Н. Сементовским, который на материалах личных наблюдений и прежних исследователей дал описание ряда пересыхающих рек в нижнем течении рр. Свияги, Казанки и Камы, а также на Бугульминском плато (1939, стр. 35; 1940, стр. 29 и 50). Он отметил чрезвычайно важный факт, что сухие и пересыхающие реки не являются руслами временных дождевых водотоков, а имеют вполне сформированные, обычно асимметричные, речные долины. Тем самым он допускает изменение климатических условий, которое обусловило пересыхание рек, игнорируя тот факт, что образование долин могло произойти под влиянием временных водотоков.

В качестве причин образования пересыхающих рек В. Н. Сементовский пытается установить местные факторы, в числе которых указывает: 1) вырубку лесов, 2) бедность источниками в четвертичных отложениях (Сушка), 3) проницаемость песчаных толщ русла (Сухая речка), 4) каптаж источников (Кондерка), 5) влияние карста и засыпка русла овражными выносами (Ноксa). Необходимо заметить, что эти факторы могут быть отмечены на многих малых реках, тем не менее далеко не все из них являются пересыхающими. Поэтому надо полагать, что приведенные причины могли способствовать пересыханию, но они недостаточны для объяснения явления.

В. В. Батыр (1947, стр. 196) дал описание пересыхания в верховьях р. Бездны и указал, что аналогичные явления им отмечены на рр. Утка и Бахта. На сухих участках русла этих рек им наблюдалось наличие подруслового потока в песчаных толщах, которые он считает причиной пересыхания. Однако наличие песчаных толщ в русле реки, повидимому, не может служить объяснением пересыхания рек, так как на других участках той же р. Бездны и других рек при столь же значительных песчаных отложениях наблюдается постоянный водоток. Объясняется это более высоким уровнем грунтовых вод на окружающей местности, которые поэтому дренируются рекой. На участках пересыхающих рек уровень грунтовых вод располагается ниже дна реки. Исследования показывают, что взаимное положение уровня речных грунтовых вод определяется не только гипсометрией местности, а в большей степени гидрогеологическим строением ее. Подобные факты отмечены нами на рр. Бездне, Ноксе, Амгамке и др.

Засыпка русла реки овражными выносами, на что указывает В. Н. Сементовский (1940), вероятно, также не может иметь существенного значения, так как местные жители не подтверждают уменьшения глубины русла. Обычно наблюдаемые конусы овражных выносов размываются последующими весенними паводками, и таким образом профиль реки восстанавливается. Следует заметить, что на постах гидрометслужбы отмечены случаи размыва, углубления русла, что в ряде случаев подтверждают и местные жители (Сухая Улема, Нурминка). Случаи повышения дна отмечаются только как временное явление и вызваны гидравлическими условиями прохождения паводочной волны.

Б. В. Поляков (1946, стр. 245, 251, 306) составил карту пересыхающих рек Европейской части СССР, на которой для интересующей нас территории отмечены два пересыхающих притока в нижнем

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

течении р. Свияги площадью водосбора в 544 и 681 км². Обследования и картографический материал не выявили этих значительных пересыхающих рек, и надо думать, что он располагал недостаточно надежными источниками.

В качестве причины пересыхания и изменения водоносности рек Б. В. Поляков указывает на изменение уровня грунтовых вод, который может понижаться ниже базиса местной эрозии. Он считает, что изменение уровня грунтовых вод для влажных и сухих периодов может, иногда значительно, влиять на положение линии подземного водораздела, увеличивая или уменьшая площадь подземного водосбора для многоводных и маловодных лет по-разному для разных рек.

Д. Л. Соколовский (1946, стр. 60) указывает на пересыхание р. Казанки при площади водосбора 1640 км². Проверив журналы водомерных наблюдений по всем постам этой реки и в результате произведенных гидрологических исследований, мы установили неточность этих сведений. Действительно, на постах отмечены два случая «пересыхания», однако они вызваны накоплением воды в водохранилищах водяных мельниц и относятся только к моменту их постройки, имея продолжительность в несколько часов, и поэтому не могут рассматриваться как случаи пересыхания рек. Анализ условий формирования расходов воды по р. Казанке исключает возможность пересыхания этой реки.

Гидрометрические наблюдения на пересыхающих реках не производились, за исключением р. Сухой Уземы у с. Старо-Барышево в 1936 г. В этот год в створе поста река пересыхала с 27 июня по 9 октября.

ВЫЯВЛЕНИЕ ПЕРЕСЫХАЮЩИХ РЕК

Пересыхающие реки первоначально интересовали нас как объективный показатель неравномерного распределения водоносности малых рек в меженный период (Петров, 1949а, 1949б, 1949в). Исследование этого вопроса потребовало составления карты пересыхающих рек по всем изучаемым речным бассейнам, сводка которых до сего времени отсутствовала.

На крупномасштабных картах гидрографическая сеть показана сплошной или пунктирной линией синего цвета, которая иногда обрывается, и тогда невозможно установить линию реки. Пунктирная линия является условным знаком пересыхающих рек. Под этим термином понимаются реки, не имеющие постоянного тока воды в течение всего года, т. е. сезонно-водные, сезонно-пересыхающие и эпизодически водные.

На рис. 1 площади бассейнов пересыхающих рек выделены на основании картографических материалов, которые уточнялись при экспедиционных обследованиях и на карте даны с подразделением на реки, пересыхающие: 1) на всем протяжении, 2) в истоках и 3) на отдельных участках среднего или нижнего течения.

Использование картографического материала потребовало выяснения методики определения пересыхающих рек при топографических работах для оценки точности картографического материала в отношении характеристики водного режима.

В качестве основы использована карта масштаба 1 : 300 000, составленная в 1946—1948 гг. и наиболее правильно и полно отражающая гидрографическую сеть.

Ознакомление с инструкциями и наставлениями по топографическим работам (см. «Литературу») позволило выяснить следующее.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

1. Инструкции по съемкам всех масштабов, изданные в различные годы, предусматривают съемку и изображение на картах рек и ручьев с подразделением на постоянные, пересыхающие и пропадающие.

2. Пересыхание рек устанавливается обследованием их в натуре и сбором сведений в организациях и у местных жителей.

3. Полевые работы производятся в период с мая по октябрь в годы с различной водоносностью и вследствие этого отражают природные особенности территории именно на год съемки, указанный на оттиске карты. Однако во всех случаях высокого стояния горизонтов, резко отличного от средних меженных условий, в линию контура реки и отметки урезов воды вносятся исправления, так как состояние рек должно характеризовать средние меженные условия.

4. Условный знак пересыхающих рек не обязательно характеризует средние условия водного режима, но часто экстремальное значение, наблюдавшееся в отдельные годы. Эти данные топограф получает путем сбора опросных сведений, с тем чтобы составить правильное и полное представление о водном объекте по сравнению с личными наблюдениями, отмечая типичность водного режима на каждом участке, а не фиксируя состояние реки на день съемки.

Таким образом, на топографических планах и картах дается не только характеристика речной сети в отношении ее планового и высотного положения на момент съемки, но и приведенные к некоторым средним условиям данные и характеристика рек по типу их питания.

Конечно, далеко не во всех случаях топограф будет иметь возможность выделить пересыхающие реки, тем более что для средних условий они могут быть водоносными и будут пересыхать только в маловодные годы. Однако, как показывает опыт исследований, в громадном большинстве случаев карта правильно отражает действительные условия.

Вместе с тем надо согласиться с К. А. Салищевым (1944), который отмечает недостаточность существующего подразделения рек на: 1) пересыхающие и 2) подземные и пропадающие. Это разделение не отражает характера режима рек и на практике часто приводит к путанице понятий. К. А. Салищев (1944) указывает, что Г. П. Давыдов предлагает более подробное подразделение рек в зависимости от режима (постоянства) их водотока, а именно: «1) реки постоянно водные, имеющие поверхностный ток воды в течение всего года, 2) реки сезонно пересыхающие, имеющие поверхностный ток воды в течение 6—9 месяцев в году, 3) реки сезонно водные, имеющие поверхностный ток воды в определенный сезон года (например, обводненные весной или осенью), 4) реки эпизодически водные, имеющие нерегулярно повторяющийся поверхностный ток, наличие которого обусловливается погодными обстоятельствами, 5) бывшие русла древних рек, в настоящее время не имеющие водотока». Применение предлагаемой классификации значительно расширит наши представления о водном режиме рек.

Полевые экспедиционные гидрологические обследования малых рек, произведенные Сектором водохозяйственных проблем Казанского филиала АН СССР с участием автора под руководством А. А. Труфанова в период с 1946 по 1950 г., и эпизодические обследования, проводившиеся в 1936—1939 гг. автором настоящей статьи, показали, что в громадном большинстве случаев карты правильно отображают экстремальное состояние рек.

Было установлено единичное количество случаев, когда реки, показанные сплошной линией на картах, при обследовании оказались пере-

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

сохшими. Это являлось преимущественно результатом строительства водоемов с задержанием только меженного стока. Изменившиеся условия испарения с большой водной поверхности и увеличившаяся инфильтрация в дно и борта водохранилища обусловили пересыхание ниже лежащего участка реки (Байряки — левый приток р. Ика и некоторые другие). Несколько более часто отмечалось явление, когда реки, на карте показанные пересыхающими, в натуре имели постоянный водоток. На картах пересыхающие реки показаны с исчерпывающей полнотой, что, помимо тщательной работы топографов, обусловлено исключительно низкой водоносностью малых рек в период 1933—1940 гг., непосредственно предшествующей съемочным работам, по сравнению с последующим периодом 1941—1949 гг. (табл. 2).

Таблица 2

Место наблюдений	Среднемесячные расходы воды				Соотношение расходов многоводного периода к маловодному		Соотношение расходов наиболее многоводного года к маловодному
	1933—1940 гг.		1941—1948 гг.				
	август	январь	август	январь	август	январь	
Р. Б. Черемшан в пункте Мелекесс	3.0	—	9.7	—	3.2	—	7.0
Р. Свияга в пункте Вырыпаевка	3.0	2.3	6.3	4.6	2.1	2.0	4.4
Р. Казанка в пункте Б. Дербышки	4.0	3.1	4.7	4.0	1.2	1.3	2.1
Р. Ик в пункте Ногайбак	9.5	8.6	24.5	15.0	2.6	1.7	6.5
Р. Иж в пункте Лебединое озеро	10.0	6.9	15.5	12.1	1.5	1.7	4.5

Значительная разница в водоносности рек того и другого периода несомненно должна была способствовать увеличению числа пересыхающих рек, и совершенно очевидно, что местные жители могли сообщить топографам наиболее полные сведения о всех случаях пересыхания рек, так как в памяти населения хорошо запомнились эти недавние годы маловодья, в которые явление пересыхания рек проступало наиболее отчетливо. Низкая водоносность рек была обусловлена многими причинами, среди которых не последнее место принадлежало неблагоприятным метеорологическим условиям периода не только по метеорологической станции Казань-Университет (табл. 3), но и по всей изучаемой территории (табл. 4, рис. 2).

За период 1934—1940 гг. отмечаются наименьшее количество осадков, малая толщина снегового покрова и гидротермического коэффициента при наивысших значениях положительных температур. Эти причины несомненно должны были привести к наибольшему пересыханию рек, вследствие значительных потерь на испарение и транспирацию поверхностных и грунтовых вод по сравнению со всем периодом. В то же время за период с 1941 по 1949 г. метеорологические условия для водоносности рек были более благоприятны, хотя вследствие пониженной, по сравнению с нормой, толщины снегового покрова и значительных отрицательных температур потери талого стока на инфильтрацию и, следовательно, питание грунтовых вод, возможно, были несколько снижены.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Таблица 3

Изменение метеорологических элементов в процентах от среднего за весь период

Период	Годовая сумма осадков	Сумма осадков				Сумма температур		Гидротермический коэффициент за июнь—август	Толщина снегового покрова	Средняя температура за июнь—август
		зима	весна	лето	осень	отрицательная	положительная			
1892—1900 гг.	98	89	88	105	102	113	106	102	94	95
1901—1910 гг.	100	108	94	105	85	103	97	108	111	102
1911—1920 гг.	104	122	108	94	97	96	96	94	121	103
1921—1930 гг.	106	112	86	98	129	88	99	92	110	92
1931—1940 гг.	86	78	104	79	98	92	105	78	79	106
1941—1949 гг.	104	87	118	123	88	105	95	124	88	101
1892—1949 гг.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Таблица 4

Сопоставление основных метеорологических элементов по периодам в процентах от нормы (средняя многолетняя величина)

Пункт	Сумма среднемесячных температур				Гидротермический коэффициент за июнь—июль		Толщина снегового покрова		Сумма годовых осадков	
	положительная		отрицательная							
	1933—1940 гг.	1941—1948 гг.	1933—1940 гг.	1941—1948 гг.	1933—1940 гг.	1941—1948 гг.	1933—1940 гг.	1941—1948 гг.	1933—1940 гг.	1941—1948 гг.
Бугульма	108	195	96	100	86	144	70	85	75	112
Ульяновск	106	98	97	100	63	130	80	90	80	106
Казань (опытн. ст.)	109	98	92	98	73	134	70	84	77	103

Однако учитывая одновременное уменьшение летних потерь грунтовых вод на испарение и транспирацию, можно считать водоносность рек за этот период близкой к норме, а предшествующий период катастрофически низкой.

Подземное питание малых рек и озер определяется запасами грунтовых вод, которые в известной степени характеризуются высотой уровня. К 1939 г. уровень грунтовых вод, по наблюдениям в скважинах г. Казани, понизился на 2.0—2.5 м по сравнению со средним горизонтом за десятилетие с 1941 по 1950 г. По имеющимся, правда немного-

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

численным, опросным данным можно принять, что уровень грунтовых вод последнего десятилетия достаточно близко соответствует «средним нормальным» условиям. К 1940 г. уровень озер достиг своей низшей отметки, какую только помнят жители, значительно понизился уровень воды и в колодцах, не имеющих гидравлической связи с рекой. Сказанное хорошо иллюстрируют данные рис. 2.

По сообщению местных жителей, оз. Белолебяжье, расположенное в верховьях р. Гуши (приток Свияги), на западе рассматриваемой тер-

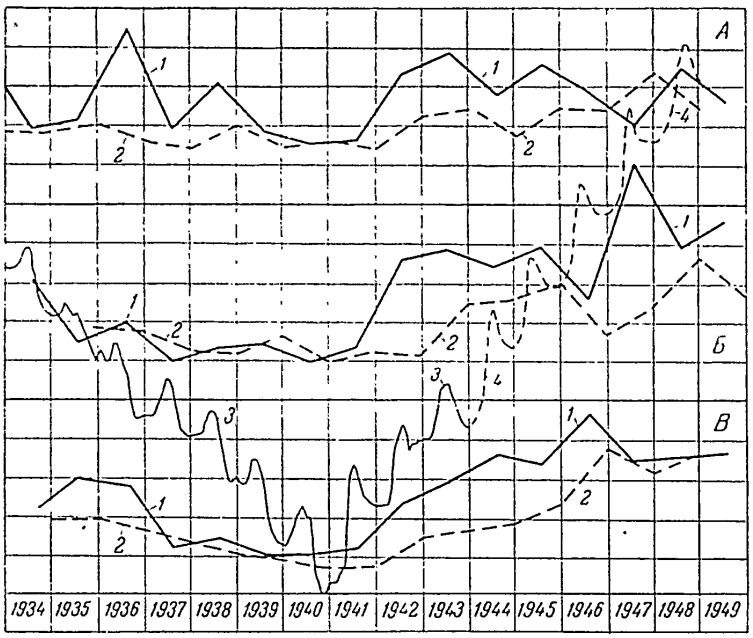


Рис. 2. Изменение модулей меженных расходов воды рек и уровня озера Кандры-Куль по годам.

А — р. Казанка в пункте Б. Дербышки, *Б* — р. Ик в пункте Ногайбек, *В* — р. Свияга в пункте Вырыпаевка. *1* — модуль среднего расхода воды в августе, *2* — то же в январе, *3* — колебание горизонта воды оз. Кандры-Куль (бассейн р. Ика) по данным водомерного поста, *4* — то же по опросам местных жителей с. Кандры-Куль.

ритории, к 1940 г. высохло почти полностью и дно его использовалось под огороды. В немногочисленных мелких понижениях — «калужинах» — имелось небольшое количество воды, которой недоставало для ручного полива огородов. Все колодцы в окрестностях озера высохли. Вследствие неожиданно наступившего безводья намечалось переселение жителей в другие районы. Начиная с 1941 г. вода вновь появилась в озере и количество ее непрерывно возрастало. Летом 1949 г. площадь озера составляла около 2 км², а уровень его был нормальным, что установлено по расположению хозяйственных построек, сообщению жителей и положению линии уреза воды на береговом уступе.

Оз. Кандры-Куль, расположенное в иных физико-географических условиях, на крайнем юго-востоке рассматриваемой территории, к 1940 г. достигло своего наинизшего уровня. Имевшиеся на озере острова превратились в полуострова. Прибрежные части высохшего дна озера исполь-

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

зовались под огороды и пастбища. До 1941 г. относительно небольшое повышение горизонта воды в озере происходило только в период весеннего половодья, а летом и даже зимой наблюдалось прогрессивное и значительное снижение уровня воды. С 1941 г. понижение горизонтов воды в озере происходило только в жаркие летние месяцы и было невелико по сравнению с постоянным повышением горизонтов в течение остальной части года. К 1949 г. горизонт воды в озере не достиг еще нормального уровня, который превышал существующий на 4—6 м и наблюдался в конце прошлого столетия, когда на речке, вытекавшей в то время из озера, находилось несколько водяных мельниц. В настоящее время русло речки представляет задернелую балку.

Таким образом, снижение водоносности в 30-х годах носило общий характер, однако оно являлось не только следствием неблагоприятных метеорологических условий. С начала 30-х годов, в связи с коллективизацией сельского хозяйства, изменились не только его организационные формы, но и агротехнические приемы.

Повсеместно перешли на глубокую пахоту с оборотом пласта и распашку целинных земель. При этом на поверхность были вывернуты горизонты подпахотного слоя, которые не обладали водопрочной комковатой структурой. Под влиянием атмосферных условий и механического разрушения скотом и орудиями обработки почва приобретала свойства раздельночастичной. Вследствие этого осадки теплого периода полностью расходовались на испарение и транспирацию. Потери талого стока на инфильтрацию были также незначительны, так как пылеватые раздельночастичные почвы не обладали водопроницаемостью. Таким образом, под влиянием неблагоприятных метеорологических, почвенных и других условий в течение ряда лет создавалось прогрессивное снижение запасов грунтовых вод; это обусловило повсеместное уменьшение водоносности малых рек в период летней и зимней межени, а значит способствовало значительному пересыханию рек. К 1941 г. под воздействием настойчиво проводимых агротехнических мероприятий организационно окрепшими колхозами и под влиянием естественных процессов почвообразования состояние почв улучшилось. Они приобрели комковато-структурное строение, благоприятное для поглощения и инфильтрации осадков. Затяжная весна 1941 г. после многоснежной зимы способствовала значительному повышению уровня грунтовых вод, что немедленно, в тот же год, отразилось на увеличении водоносности малых рек в период межени. Исследования показали, что основную массу вод подземного питания, формирующих меженные расходы, составляют воды верхних водоносных горизонтов. Поэтому, когда на междуречных пространствах происходит повышение уровня грунтовых вод, увеличивается и поступление вод подземного питания в русло рек. В силу же малых скоростей фильтрационного потока и значительности междуречных пространств явление это продолжается в течение ряда лет.

В дальнейшем, до 1948 г., метеорологические и почвенные условия были благоприятны для поддержания высоких запасов грунтовых вод, что и обеспечило относительно высокую водоносность межени в течение всего периода. Исследования показали, что высокая водоносность периода соответствует средним условиям ближайшего будущего.

Таким образом, изложенные соображения позволяют признать, что в съемочных картографических работах дается представление о пересыхающих реках в экстремально низких для водоносности рек условиях. Полевые экспедиционные обследования позволили выяснить состояние

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

пересыхающих рек в условиях значительно возросших запасов грунтовых вод. Следовательно, сопоставление тех и других данных облегчает выяснение причин пересыхания малых рек.

КРАТКАЯ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА

Исследуемая территория расположена на восточной окраине Русской равнины и простирается от пенепленизированных пространств среднего Предволжья на западе (бассейн р. Свияги) до предгорий Урала на востоке (бассейн р. Ика). На севере границы района находятся в лесной зоне, в значительной степени обезлесенной (бассейны рр. Шошки, Ижа), и на юге почти совпадают с южной границей лесостепи (бассейн р. Б. Черемшан и верховья рр. Ика и Свияги), которая местами переходит в степь и приобретает ее характерные черты (рис. 3).

В геологическом строении на преобладающей части территории принимают участие различные горизонты пермской системы, представленной татарским и казанским ярусами. Только в верхней части бассейна Свияги, к югу почти от границ Татарской АССР, отложения пермской системы перекрыты более поздними юрскими, меловыми и палеогеновыми. В нижнем течении р. Ика и по бассейнам рр. Б. Черемшана, Актая, Бездны, Майны и некоторых других отложения пермской системы при наличии общего тектонического погружения значительно размыты древней эрозией, в силу чего коренные отложения перекрыты толщами неогеновых и четвертичных отложений.

Наибольшую часть водораздельных пространств слагают отложения татарского яруса, который лишь в немногих случаях участвует в строении речных долин (правобережные притоки Б. Черемшана и притоки нижнего течения р. Свияги). Типичными для этого яруса являются фациальная изменчивость и пространственная невыдержанность отложений с переслаиванием глин, песчаников и мергелей.

На востоке территории татарский ярус эродирован, занимает небольшие участки водоразделов и представлен нижней частью своей толщи, сложенной карбонатными породами с переслаиванием разнозернистых песчаников и глин (среднее течение р. Ика и верхнее р. Зая). По направлению к западу вначале преобладают песчаники с прослоями мергелей и глин, которые затем сменяются глинистыми алевролитами и аргиллитами (Б. Черемшан, Свияга, Казанка, левобережье р. Шешмы).

Казанские отложения подстилают татарский ярус и сложены морскими и континентальными отложениями. Они часто образуют речные долины. Морской комплекс представлен верхне- и нижнеказанскими отложениями. Первые состоят из доломитов, часто сильно загипсованных или с прослоями гипса и реже песчаников, во вторых преобладают пачки мергелей, известняков и песчаников.

Континентальные отложения яруса представлены красноцветной толщей белебеевской свиты, сложенной песчаниками и глинами с преобладанием в верхней части глинисто-алевролитового материала с прослойками мергелей. По бассейнам рр. Шешмы и Степного Зая проходит полоса переслаивания морских и континентальных отложений.

На востоке, в бассейне р. Ика, белебеевская свита слагает значительные части водораздельных пространств. Уфимская свита, сложенная плотными глинами с большими линзами песчаника, приурочена к склонам долин и местами образует структурные террасы. На западе, в бассейне Б. Черемшана и его всех правобережных притоков, а также по

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

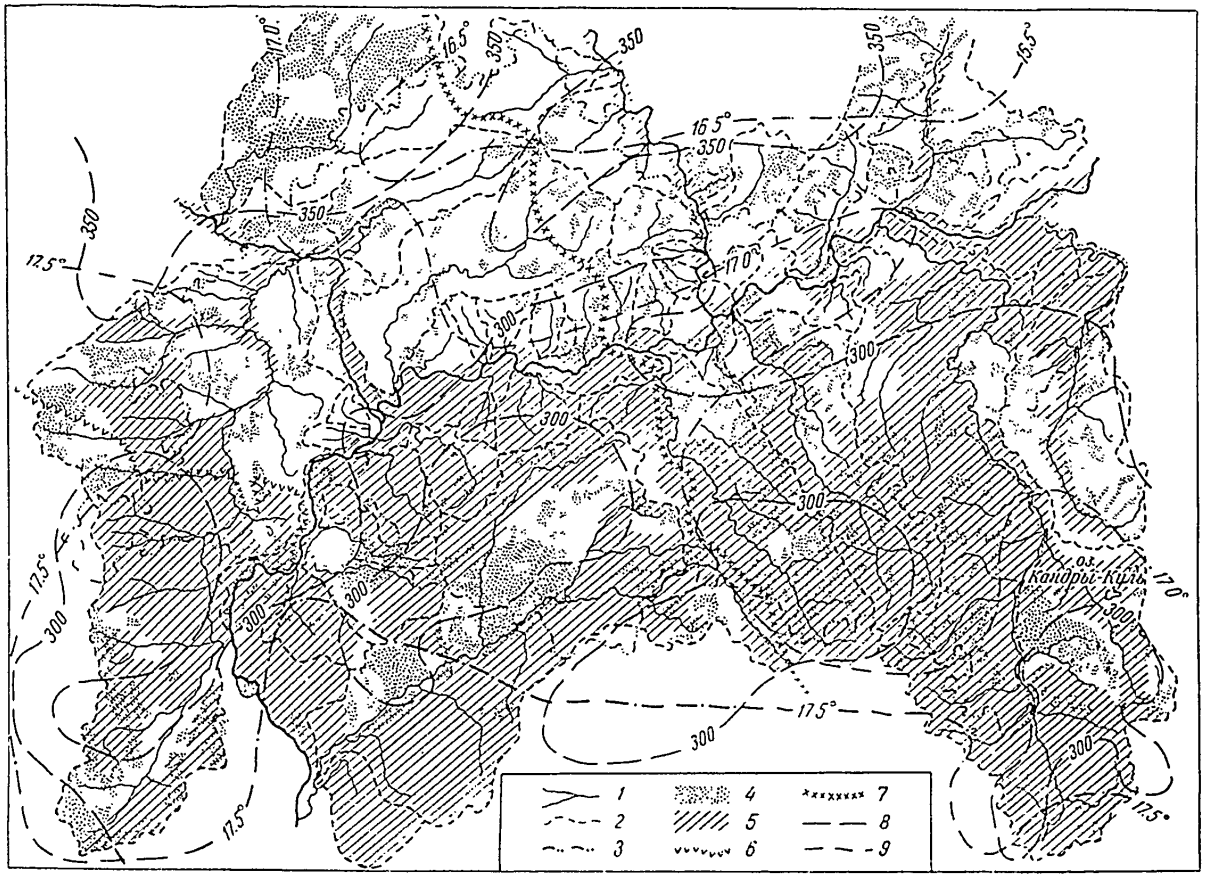


Рис. 3. Схема физико-географических особенностей территории.

1 — основная речная сеть, *2* — линия водораздела основных малых рек, *3* — административная граница Татарской АССР, *4* — основные лесные массивы и отдельные рощи, *5* — районы преимущественного распространения черноземных почв, *6* — северная граница отложений юрской системы (по Е. В. Милановскому), *7* — западная граница континентальных отложений казанского яруса пермской системы (по Т. П. Афанасьеву), *8* — изолинии суммы осадков теплого периода года, *9* — изолинии средней температуры воздуха в августе.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

рр. Актаю, Бездне, Шентале, Плети и в северной части бассейна Свияги гидрографическая сеть прорезает толщу только татарского яруса и отложений неогена и аллювия.

К северу от р. Камы белебеевские отложения имеют широкое распространение на восток от р. Вятки. На правобережных притоках этой реки белебеевская свита участвует в строении только нижней половины долин, будучи на водоразделах скрыта под толщей татарского яруса. В бассейнах рр. Шумбута, Бетьки, Брысы, Меши и Казанки долины прорезают отложения нижнеказанского горизонта, так же как и в верхнем течении Ика.

В бассейне р. Свияги от водораздела верховьев Кубни и Булы и далее к югу (рр. Карла и Тоша) пермская система покрыта юрской системой, которая здесь представлена толщей желтовато-серых и светло-серых слюдистых песчано-глинистых пород и светлых желтовато-белых топкозернистых песков и грубозернистых песчаников келловая, покрытых однообразной глинистой толщей кимериджа и оксфорда.

К югу от верхнего течения Карлы и Цильны, включая бассейн рр. Бугурны и Кильна-Кны, повсеместно распространена меловая система. В основании ее залегают глауконитовые слюдистые песчаники волапжина, перекрытые огромной толщей черных и темносерых глин готерива, баррема и апта. Верхний отдел меловой системы начинается толщей серовато-белых грубых песчанистых мергелей туронского яруса, который перекрыт зеленовато-коричневыми кремнистыми мергелями сантона, переходящими кверху в светлые плотные кремнистые мергели иногда с прослоями трепеловидной породы, а выше глин. Мергельные отложения сантона вследствие своей сопротивляемости размыву занимают большие пространства.

К югу от параллели г. Ульяновска прослеживаются меловые отложения кампана и маастрихта, среди которых отмечены значительные толщи рыхлого грязнозеленого мергеля и непластичных глин. На водоразделах Тоши, Свияги, Гущи и Сельди значительные пространства покрыты отложениями палеогена, которые представлены сызранским и царицынским ярусами. Литологически сызранский ярус сложен толщей разнородных опок и трепелов, местами замещенных пачкой кварцевых и глауконитовых песков и песчаников, которые выше слагают всю толщу и затем переходят снова в опоки и трепела, сменяющиеся глауконитовыми песками и песчаниками. Царицынский ярус распространен только на водоразделе самой южной части бассейна и представлен слоями зеленовато-серых и сероватых кварцевых песков и песчаников, опок и опоковидных песчаников.

Неогеновые отложения выступают на дневную поверхность обычно небольшими островками. Значительные пространства они занимают в долинах рр. Ика, Сюни, Б. Черемшана, Бездны, Утки и Майны. Литологически отложения представлены глинами, песками и галечниками. Мощность отложений в низовьях рр. Ика, Б. Черемшана, Майны достигает почти 100 м. Преимущественно по долинам наиболее крупных рек отмечены отложения древнего и современного аллювия.

Гидрогеологические исследования проводились многими гидрогеологами (Кавеев, 1940; Маков, 1946; Милановский, 1943; Миртова и Дмитриев, 1939), и все они единодушны в оценке водоносности стратиграфических горизонтов. Татарский ярус повсеместно, за исключением восточной части, оценивается ими как маловодоносный. Казанский ярус, по их мнению, отличается значительно большей водоносностью, уфимская же свита —

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

обычно малой водоносностью. Для отложений юрской системы характерна малая водоносность, а для меловой — значительно бо́льшая, что обеспечивает более постоянный дебит источников.

Водоносность неогеновых и аллювиальных отложений весьма неоднородна, что объединяется их разнородным литологическим составом. Среди рек, прорезающих эти отложения, встречаются как сильно водоносные, так и пересыхающие. Однако нередко наблюдается явление пересыхания мелких рек на участках, где русло их пересекает отложения неогена или аллювия, что объясняется высокой проницаемостью этих отложений и низким уровнем грунтовых вод относительно уровня речных вод, имеющих между собой гидравлическую связь.

Соображения гидрогеологов о водоносности различных горизонтов построены на основании изучения родников, гидравлически с реками не связанных, колодцев и скважин, которые эксплуатируют водоносные горизонты, расположенные ниже местных базисов эрозии. Как известно, водоносность рек в большинстве случаев не определяется стратиграфическим горизонтом, который прорезается рекой и в значительной степени зависит от тектонических условий строения местности, на что неоднократно указывал Ф. П. Саваренский (1935).

Тектоническая топография опорных стратиграфических горизонтов на территории неоднородна и в большинстве своем не согласована с поверхностным рельефом. Расположение речных систем по отношению к частным уклонам стратиграфических горизонтов самое разнообразное. Схематизируя сложную картину подземного рельефа по бассейнам рек, можно указать, что верховья рр. Ика, Меши и Казанки и почти весь бассейн р. Степного Зая находятся в районах слабо наклонного, почти горизонтального положения геологических напластований. В этих районах общие уклоны горизонтов оцениваются 2—3-десятитысячными, на фоне которых отмечаются более или менее значительные местные нарушения, падение которых достигает нескольких десятков градусов. Средние течения рр. Ика и Казанки находятся в слабо выраженных синклиналях с притоками первого порядка, текущими довольно согласно с подземным уклоном.

Бассейн р. Шешмы расположен на круто падающей моноклинали, образующей переход от северных отрогов Бугульминско-Белебеевской возвышенности к Заволжской равнине, находящейся на Мелекесско-Сокском понижении. Направление правобережной речной сети бассейна совпадает с падением напластований или пересекает их под различными углами. Левобережная речная сеть, за исключением отдельных случаев, имеет падение, обратное падению напластований. Б. Черемшан на значительном протяжении тянется параллельно падению геологических напластований. Поэтому, как правило, бо́льшую водоносность имеют реки, направление которых перпендикулярно падению отложений.

Бассейн р. Свияги расположен вдоль крыла ульяновско-саратовской синеклизы, имеющей уклон к югу около 0.002 и к западу 0.001, т. е. обратный общему уклону речной системы.

Таким образом, пространственное положение водоносных горизонтов по отношению к речным системам может быть одним из следующих:

1) нейтральным, когда дренирование их рекой происходит в зависимости от пьезометрической поверхности, так сказать, «свободным» дренажем, что имеет место на участках горизонтального залегания отложений, а также в аллювии и плиоцене;

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

2) положительным, когда тектонические уклоны обусловливают «вынужденный» дренаж водоносных горизонтов, имеющих явно выраженное падение в сторону речных систем;

3) отрицательным, когда уклон геологических напластований направлен от реки, что в зависимости от пьезометрических уровней грунтовых вод по отношению к речным водам и при наличии ряда других условий может привести к поглощению речных вод.

Наряду с тектоническими уклонами нередко оказывает влияние и характер уклонов, созданный древней эрозией, как это показали исследования Т. П. Афанасьева (1949), особенно тогда, когда процессы эрозии прекратились на водоупорных породах. В этом случае движение грунтового потока будет не только подчинено тектоническим уклонам, обусловленным герцинскими и альпийскими движениями, но и усложнено теми направлениями, которые сохранились от древней эрозии.

Наши исследования показали, что эти причины в значительной степени предопределяют размеры и устойчивость подземного питания.

Почвенный покров на рассматриваемой территории представлен различными черноземами и подзолистыми почвами (Ланге, 1931). Черноземы типичные тучные, выщелоченные, остаточно-карбонатные и оподзоленные имеют преимущественное распространение к югу от р. Камы и в верхнем и среднем течении р. Свияги. Темносерые, серые и светлосерые лесные оподзоленные почвы занимают здесь небольшие площади и повсеместно распространены в северной части территории (табл. 1 и рис. 3). Все разновидности черноземов представляют почвы со значительной поглотительной способностью и более высокими инфильтрационными свойствами по сравнению с лесными оподзоленными почвами.

Преобладающая часть территории (до 75%) находится под сельскохозяйственной обработкой, что предопределяет характер растительности. Леса занимают небольшую часть площади (около 15%), по бассейнам рек расположены неравномерно и обычно приурочены к водораздельным пространствам. К северу от р. Камы распространены широколиственно-елово-пихтовые леса (ель, пихта, береза, вяз) и к югу от этой реки, а также в Предволжье (бассейн р. Свияги) широколиственные, в которых преобладают дуб и липа. Луговые угодья приурочены к долинам больших и малых рек и лесным полянам. Травосеяние в полевом севообороте до сих пор играет незначительную роль. На рис. 3 показано расположение основных лесных массивов. Только по бассейнам Степного Зая и Шешмы леса расположены более или менее равномерно, по другим бассейнам обычно приурочены к отдельным массивам.

Всю рассматриваемую территорию в отношении рельефа можно подразделить на четыре довольно различные части: Предволжье, Северное Заволжье, или Предкамье, Восточное и Западное Закамье.

Предволжье (бассейн р. Свияги) характеризуется высотами от 100 до 250 м. Водораздельные пространства представляют равнину, которая крутым узким уступом спускается к широким долинам рек. Преобладающие уклоны поверхности меньше 1°50′. Овражная изрезанность от 0.1—0.15 км/км^2 в верхней части бассейна постепенно повышается до 0.20, доходя на некоторых притоках до 0.49 при средней длине оврагов от 0.3 до 0.5 км в нижней части бассейна.

Северное Заволжье имеет общий уклон в юго-западном направлении. В высотном отношении расположено в пределах от 50 до 200 м над уровнем моря. Здесь преобладают уклоны до 4°. Местность всхолмленная, сильно пересеченная балками и оврагами. Коэффициент овраж-

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

ной изрезанности меняется в среднем от 0.3 до 0.5 км/км², достигая на некоторых реках 0.8. Восточная часть Северного Заволжья при той же разнице отметок имеет широкие водораздельные пространства и крутые склоны долин. Преобладающие уклоны поверхности не превышают 1°50′. Овражная изрезанность снижается до 0.1—0.2.

Закамье по характеру рельефа резко разделяется на восточную гористую и западную равнинную части.

Восточное Закамье, включающее бассейны рр. Ика, Степного Зая и Шешмы, расположено в пределах северных отрогов Бугульминско-Белебеевской возвышенности и имеет общий уклон на северо-северо-запад. В высотном отношении район расположен в пределах от 50 до 400 м, с существенным преобладанием больших уклонов земной поверхности при значительной пересеченности балками, мелкими холмами и часто замкнутыми понижениями. Коэффициент овражной изрезанности в этом районе обычно 0.05 и редко достигает 0.1—0.15 км/км² при средней длине оврагов 0.5—0.7 км.

Западное Закамье, включающее левобережье р. Шешмы и бассейны рр. Б. Черемшана, Майны, Утки, Бездны, Актая и Шенталы, расположено в равнинной местности с отметками от 50 до 150 м, которая характеризуется широкими долинами и спокойными пологими склонами. Здесь преобладают уклоны поверхности менее 45′. Коэффициент овражной изрезанности от 0.02 до 0.08 при длине оврагов порядка 0.5 км.

Климатические условия на всей территории довольно однообразны, как это видно из положения изолиний летних осадков и температур, приведенных на рис. 3 (изолинии проведены по данным 110 станций Гидрометслужбы). Повидимому, ни орография местности, ни лесные массивы не оказывают существенного влияния на климатические условия района.

ПРИЧИНЫ ПЕРЕСЫХАНИЯ РЕК

Исследованная нами территория характеризуется довольно однородным общим фоном климатических условий, поэтому нет оснований для выделения районов преимущественного пересыхания малых рек по метеорологическим характеристикам.

Вместе с тем бассейны пересыхающих рек занимают большие площади и среди них много рек довольно значительных, как, например: Бугурна — 146.7 км², Чильча — 259.2, Чалпы — 177.0, Брустанка — 161.5, Сурончаг — 147.4, Сухая Улема — 633.9, Аря — 372 км² и т. д., что указывает на широкое распространение условий, вызывающих пересыхание.

На водоносность малых рек в период межени, а следовательно, и на возможность их пересыхания климатические факторы, несомненно, оказывают существенное влияние. Это влияние не ограничивается количеством осадков, их распределением во времени или величиной испарения. Изменение барометрического давления (Почвенная карта Европейской части СССР, 1947; Слядиев, 1941), температуры воздуха (Приклонский, 1948), транспирации растений в течение суток (Куделин, 1949) и многие другие причины могут вызывать резкое изменение водоносности, которое обычно является кратковременным в связи с общей неустойчивостью и быстрой сменой метеорологических явлений и, надо полагать, не может привести к устойчивому пересыханию рек.

А. А. Труфанов сообщил об интересном явлении пересыхания реки, которые он наблюдал летом 1937 г. на р. Ари и ее притоках (бассейн

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

р. Свияги). Ночью река имела непрерывный водоток, а утром течение прекращалось, и вода сохранялась только в отдельных ямах, откуда население и брало ее для хозяйственно-питьевых нужд. Искусственное регулирование стока здесь не имело места, и, повидимому, это пересыхание вызвано изменением каких-то метеорологических условий. Однако общий характер увлажнения территории достаточно высок, чтобы можно было считать только климатический фактор причиной пересыхания; поэтому основное внимание уделим моментам геологического порядка.

Подразделение пересыхающих рек на 3 группы по расположению пересыхающих участков (верховья реки, все протяжение реки, отдельные участки среднего или нижнего течения реки) облегчает задачу выяснения причин пересыхания.

В преобладающем большинстве случаев пересыхание рек в истоках обусловлено отсутствием или недостатком постоянного грунтового питания, что объясняется малой глубиной эрозионного вреза долины, но нередко является следствием падения водоносных горизонтов не к реке, а от реки при антиклинальном и моноклинальном расположении геологических напластований.

В первом случае долина реки напоминает овраг или сухую балку, не вскрывающую значительных водоносных горизонтов, которые выклиниваются на ниже лежащих участках реки. Вода на этом участке наблюдается во время дождей или непродолжительное время после дождя и таяния снега, в связи с необходимостью дренирования образовавшейся верховодки, или верхнего грунтового питания (по Б. И. Куделину 1949), если вода не расходуется на увлажнение делювиального чехла, покрывающего склоны долины.

Во втором случае водоносные горизонты не дренируются совершенно или дренируются в незначительной степени вследствие создания временного местного подземного водораздела на свободной поверхности воды при постоянно иной направленности грунтового потока.

Других распространенных причин пересыхания в верховьях малых рек, как правило, не отмечено, хотя они возможны, как, например, пересыхание истоков р. Казанки. Из сообщений местных жителей и старых картографических материалов установлено, что истоки р. Казанки находились в лесном болоте у с. Бимери. Однако в настоящее время фактические истоки реки расположены ниже, около с. Анайкина Гарь, а русло на всем этом протяжении представляет сухую задернелую балку. Произошло это потому, что с начала 30-х годов отмечено уменьшение количества зимних осадков и повышение летних температур воздуха, что вызвало недостаточное увлажнение, а затем и высыхание болота, на котором появилась древесно-луговая растительность. Таким образом, временное изменение метеорологических условий вызвало иную направленность почвообразовательного процесса и привело к устойчивому пересыханию истока реки, который ранее имел постоянную приточность из болота — аккумулятора поверхностного стока.

Пересыхание рек на отдельных участках их среднего или нижнего течения возможно по причинам естественного или искусственного порядка.

Причинами первого рода по нашим наблюдениям являются следующие.

1. Поглощение речных вод пропицаемыми грунтами аллювиальных отложений. Это возможно в тех случаях, когда речные воды находятся в гидравлической связи с грунтовыми водами и горизонт речных вод располагается выше уровня грунтовых вод. При этом наблюдается под-

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

русловой поток, что и имеет место на пересыхающих участках рр. Солонки, Бездны, Челны, Утки, Кармалки, Училли, Кармалы и т. д. Наиболее часто отмечается явление пересыхания притоков при выходе их на пойменную или надпойменную террасу основной реки. При этом подруслового потока не наблюдается, так как речные воды, фильтруясь через толщу аллювия, поступают на пополнение запасов грунтовых вод, дренируются основной рекой и обеспечивают ее более равномерное подземное питание. Это явление наблюдается на многих притоках рр. М. и Б. Черемшана, на большинстве левых притоков рр. Ика и Свияги и на некоторых притоках рр. Степного Зая, Актая и др.

Вместе с тем следует иметь в виду, что наличие аллювиальных отложений и положение грунтовых вод ниже уровня речных вод еще недостаточно для предположения о возможности фильтрации речных вод через русло реки. Известны случаи, когда гидравлическая связь между речными и подземными водами отсутствует полностью или наблюдается только при высоком стоянии уровня грунтовых вод, при котором обеспечивается питание реки, а обратный поток невозможен вследствие закупорки пор коллоидальными отложениями, играющими роль обратного клапана.

2. Поглощение речных вод вследствие пористости или трещиноватости горных пород, образующих русло. При этом речные воды поступают на питание глубоких водоносных горизонтов и могут ими отводиться за пределы данного бассейна, как, например, в верховьях Ика, который теряет свои воды в трещиноватых известняках, в Левом Колтымаке (приток Тоймы), отдающем воду в трещины песчаника, в Чильче, Брустанке, Челне, Сухом Аврале и других реках.

Нередко выше дна пересохшей реки, в коренных отложениях, имеются водоносные горизонты, гидравлически не связанные с рекой, которые эксплуатируются местным населением (родники, колодцы), как это имеет место на Сухой Улеме и некоторых других реках. Неудивительно поэтому, что иногда наблюдается появление постоянного водотока ниже пересохшего участка, который обязан своим происхождением поступлению вод из новых источников.

3. Карсты могут поглощать полностью или частично речные воды и переводить их на питание глубоких водоносных горизонтов, расположенных иногда много ниже местного базиса эрозии. На территории, охваченной нашими исследованиями, в чистом виде это явление не наблюдалось, так как речные долины заполнены аллювиально-делювиальными отложениями и прикрывают формы карстопроявлений. По сообщению М. А. Васильева, на территории Марийской АССР наблюдалось поглощение речной воды карстовой воронкой, в которой некоторое время была установлена водяная турбина сельской мельницы. Однако только процессами карста можно объяснить пересыхание многочисленных малых речек в бассейне р. Кубни, в своем нижнем течении резко увеличивающей расход воды. Подобные явления отмечены и в бассейнах других рек (Казанки, Дымки, Стерли и т. д.).

Причины искусственного порядка, вызывающие пересыхание рек, обусловлены деятельностью человека и на обследованных реках заключаются в строительстве прудов с целью задержания меженного стока. При небольших меженных расходах воды в реке создание водохранилища приводит к увеличенным расходам воды на испарение и инфильтрацию в борта и его дно, которые превышают и не пополняются притоком воды с верховьев, что и приводит к пересыханию ниже лежащего участка.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Протяженность пересохшего участка может быть значительная и определяется величиной подземного питания реки.

Пересыхание рек по этой причине наблюдается довольно часто и отмечено на рр. Чильче, Тельце, Амгамке, Нурминке, Байряки, Шентале, Бахте, притоках Стерли и многих других.

Правильное освоение травопольной системы земледелия, особенно в степной и лесостепной зонах, предусматривает широкое строительство прудов и водоемов с целью задержания весеннего талого стока. В этом случае увеличиваются питание грунтовых вод, влажность воздуха и количество воды, участвующей в материковом круговороте, и, наконец, меженные расходы воды в реке ниже водохранилища либо вследствие дренажа инфильтрационных вод, либо благодаря постоянным или периодическим пропускам воды. Таким образом, планируемое строительство прудов и водоемов, рассчитанных на задержание весеннего талого и ливневого стока, который обычно не может полезно использоваться, как раз противоположно по своим результатам иногда создаваемым мелким прудам, рассчитанным на задержание меженного стока.

Пересыхание рек на всем их протяжении встречается весьма часто (рис. 1) и распространяется на реки с площадью бассейна до 250 км². Как и в рассмотренных выше случаях, основной причиной пересыхания рек является отсутствие постоянного грунтового питания этих рек, что в свою очередь вызывается многими причинами. Главнейшие из них следующие.

1. Недостаточная глубина эрозионного вреза долины, что отмечается на притоках Актая, Меши, Ика, Свияги в различных геологических условиях. При этом важна не абсолютная, а относительная величина глубины эрозионного вреза. Нередко наблюдается, что при большей абсолютной глубине водоносность реки ниже, чем при меньшей глубине (Саваренский, 1935). Это на первый взгляд парадоксальное явление объясняется тем, что в подземном питании малых рек участвуют пластовые воды, наличие которых зависит не только от глубины залегания, но и от чередования водовмещающих и водоупорных горизонтов, условий формирования и движения грунтовых вод и взаимного положения речных и грунтовых вод. Поэтому иногда высказываемое мнение, что по глубине эрозионного вреза можно судить о водоносности рек, не всегда может быть справедливым.

2. Наличие достаточно мощного аллювиально-делювиального чехла, который поглощает значительный объем воды. Поэтому постоянный водоток отсутствует.

3. Моноклинальное или антиклинальное расположение геологических напластований, что может обусловливать недостаточный приток грунтовых вод или их отсутствие, в сочетании с литологическим составом отложений и глубиной эрозионного вреза русла. С другой стороны, подобное расположение напластований может обусловливать повышенную приточность напорных вод по трещинам пород.

4. Пропицаемость геологических отложений, образующих русло реки, благодаря их пористости или проницаемости и трещиноватости при расположении уровня грунтовых вод ниже дна русла.

5. Процессы карстообразования, которые обычно приурочены к зоне наибольшей циркуляции подземных вод.

Пересыхание рек вследствие действия одной из перечисленных причин наблюдается редко. Обычно отмечается их совместное действие, при

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

этом обычно трудно выделить основной решающий фактор из-за недостаточной изученности района.

В заключение необходимо указать, что понижение уровня грунтовых вод и, следовательно, их запасов, наблюдавшееся в 30-х годах, создало в ряде случаев явление временного пересыхания, характерное только для этого периода. В качестве примера таких рек можно привести верхнее течение рр. Амгамки, Тельцы, Чильчи, Брустанки и др.

В среднем и нижнем течении этих рек, даже в многоводные годы четвертого десятилетия, наблюдалось постоянное пересыхание как результат действия факторов геологических. В зависимости от водности года влияние последних факторов может вызывать либо полное пересыхание рек, либо только снижение расхода воды, что при обследованиях неоднократно наблюдалось.

ВОЗМОЖНОСТИ ОБВОДНЕНИЯ ПЕРЕСЫХАЮЩИХ РЕК

Большое количество и значительное распространение пересыхающих малых рек представляют неудобства для сельского хозяйства и заставляют выяснять принципиальные возможности их обводнения.

Пересыхающие в верховьях малые реки, как правило (исключение из которого возможно выяснить только в результате детальных технических изысканий), можно обводнить путем сооружения водохранилищ, рассчитанных на полное или частичное задержание весеннего стока. Искусственные попуски воды в меженный период обеспечат тогда постоянный водоток ниже водохранилища, а во всей ниже лежащей речной системе увеличат меженные расходы, наиболее важные для хозяйственного использования.

Возможность устройства водохранилищ обеспечена геологическим строением этих участков, которые обычно сложены водонепроницаемыми делювиальными суглинками или глинами татарского яруса. Конечно, в отдельных случаях можно ожидать потери некоторой части вод из водохранилища на инфильтрацию и пополнение запасов грунтовых вод, однако надо полагать, что они довольно скоро будут дренированы речными системами, что приведет также к увеличению меженного расхода соседних малых рек.

Значительно труднее достигнуть обводнения рек, пересыхающих на всем своем протяжении, так как это потребует создания более крупных водохранилищ для обеспечения больших попусков воды в меженный период.

Строительство водоемов для задержания весеннего стока может не достигнуть цели на реках, русло которых расположено в мощной толще рыхлых аллювиальных отложений, древних террас, при низком расположении уровня грунтовых вод. К числу такого рода рек относятся притоки Актая, Бездны, Б. Черемшана, рр. Утка, Курлянка, Мордовская и некоторые другие. Большинство не пересыхающих на всем протяжении притоков рр. Ика, Свияги, Меши безусловно возможно обводнить, так как их пересыхание обусловлено не чрезмерной потерей вод на инфильтрацию или инфлюацию, а недостаточностью грунтового питания (рр. Тельца, Чильча, Кыса, Суронча, Брустанка и др.).

Обводнение рек, пересыхающих в своих устьевых участках, при выходе их на легко проницаемые пойменные и надпойменные террасы, обычно не имеет практического смысла, так как это явление наблю-

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

дается только на притоках, и в этих пунктах имеется полная возможность использовать для хозяйственных нужд воды основной реки.

Пересыхание рек в их среднем течении может быть ликвидировано сооружением в верховьях запасных водохранилищ, за исключением тех случаев, когда причина пересыхания связана с процессами карстообразования или явлениями инфлюации, при которых поглощение речных вод может происходить в очень больших количествах. В тех случаях, когда пересыхание вызвано строительством небольших водоемов, которые задерживают только меженный сток реки, обводнение рек будет достигнуто устройством в тех же пунктах или в верховьях реки водохранилищ для задержания весеннего стока с обеспечением из них постоянных или периодических сбросов воды.

Литература

Арманд Д. Л. (1949). Задачи географов в связи с планом переделки природы степей. Сб. «Вопр. географии», № 13. — Афанасьев Т. П. (1949). Воды верхнепермских отложений Среднего Поволжья. Тр. Лабор. гидрогеолог. проблем им. акад. Ф. П. Саваренского, т. II, Изд. АН СССР, М.—Л. — Батыр В. В. (1947). Река Бездна. Сб. «Природа Татарии», Татгосиздат. — Бергман Г. Р. (1946). А. И. Воейков и гидрология. Метеоролог. и гидролог., № 1. — Великанов М. А. (1949). Гидрология суши. — Воейков А. И. (1884). Климаты земного шара и в особенности России, СПб. — Зайков Б. Д. (1935). Гидрология Заволжья. Сб. Нижневолгопроекта, № 4, ОНТИ. — Зайков Б. Д. (1944). Внутригодовое распределение речного стока на территории Европы. Гидрометиздат. — Инструкция по государственной топографической мензульной съемке в масштабе 1 : 50000 (1930). Главн. геодез. упр. ВСНХ, М. — Инструкция по топографической мензульной съемке масштаба 1 : 10000 (1933). 1-й картографической фабрики ВКТ, Л. — Кавеев М. С. (1940). Краткий гидрогеологический очерк Татреспублики. Сб. Геология и полезн. ископ. Тат. АССР. — Куделин Б. И. (1949). Гидрогеологический анализ и методы определения подземного питания рек. Тр. Лабор. гидрогеолог. проблем им. акад. Ф. П. Саваренского, т. V. — Ланге О. К. (1931). Краткий курс гидрогеологии. — Маков Е. И. (1946). Подземные воды Башкирской АССР. Акад. наук УССР. — Милановский Е. В. (1943). Гидрогеологический очерк правобережья Среднего и Нижнего Поволжья. Гидрогеология СССР, вып. 6, кн. 3. — Миртова А. В. и В. В. Дмитриев (1939). — Гидрогеологический очерк. Сб. «Геология Татарской АССР и прилегающей территории в пределах 109 листа», ч. I, Гостоптехиздат. — Мортон Э. (1939). Основы физической географии, т. I. — Наставление по производству топографических работ. Вып. 1. Инструментальные мензульные съемки в масштабах 1 : 50000 и 1 : 25000. Изд. Нар. Ком. Обороны СССР, М.—Л., 1934. — Наставление по производству топографических работ. Вып. 2. Инструментальная мензульная съемка в масштабе 1 : 10000. Изд. Нар. Ком. Обороны СССР, М.—Л., 1936. — Наставление по вычерчиванию топографических планов и карт в масштабах 1 : 10000, 1 : 25000, 1 : 50000, 1 : 100000. Изд. Редбюро ГУГК при СНК СССР, М., 1939. — Наставление по инструментальным мензульным съемкам в масштабе 1 : 10000, 1 : 25000, 1 : 50000, 1 : 100000. Изд. Воен. Топогр. Упр. Ген. штаба Кр. Армии, М., 1943. — Наставление по топографической съемке в масштабе 1 : 25000, ч. I. Полевые работы. Изд. Геодез. и картограф. лит. при ГУГК при СМ СССР, М., 1946. — Наставление по производству топографических съемок в неисследованных и малоисследованных районах СССР. Изд. геодез. и картограф. лит., М., 1948. — Отчет о трудовой помощи в 1899 г. (1900). Сб. «Трудовая помощь в губерниях Казанской, Вятской и Симбирской». СПб. — Павлов А. П. (1898). О рельефе равнин и его изменениях под влиянием работы подземных и поверхностных вод. Землеведение. — Панов Б. П. (1948). Количественная характеристика речной сети. Тр. Гос. Гидролог. инст., вып. 4. — Петров Г. Н. (1949а). Водный режим малых рек в период межени и его изучение. Метеоролог. и гидролог., № 2. — Петров Г. Н. (1949б). Исследование меженного режима малых рек с учетом физико-географических условий. Докл. АН СССР, т. 65, вып. 5. — Петров Г. Н. (1949в). Формирование меженных расходов малых рек и принципы определения расчетных расходов. Гидротехника и мелиорация, № 9. — Петров Г. Н. (1950). Определение средних меженных расходов воды в любом створе малых рек. Докл. АН СССР, т. 71, вып. 3. — Поляков Е. В. (1946).

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Гидрологический анализ и расчеты. Гидрометиздат. — Попов Е. Е. (1921). Устройство поверхности и гидрография. Сб. Геогр. описание Тат. АССР, под ред. проф. Б. П. Вишневского, Госиздат, Казань. — Почвенная карта Европейской части СССР (1947). Почвенный институт АН СССР им. Докучаева. — Приклонский В. А. (1948). Некоторые закономерности формирования грунтовых вод в засушливых областях. Тр. Лабор. гидрогеолог. проблем им. акад. Ф. П. Саваренского, т. I, Изд. АН СССР, М.—Л. — Саваренский Ф. П. (1935). Гидрогеология. ОНТИ. — Салищев К. А. (1944). Основы картоведения. Геодезиздат. — Сементовский В. П. (1939). Орогидрография. Сб. «Геология Тат. АССР и прилегающей территории в пределах 109 листа», ч. I, Гостоптехиздат. — Сементовский В. П. (1940). Материалы для геоморфологии и гидрографии территории Большой Казани. Уч. зап. Казанск. Гос. унив. им. В. П. Ульянова-Ленина, т. 100, кн. 3. — Сементовский В. П. (1947). Сухие реки. Природа Татарии, Сб. научно-популярных очерков, Татгосиздат. — Слядиев А. Ф. (1941). Влияние температуры воздуха на уровень грунтовых вод. Метеоролог. и гидролог., № 12. — Соколовский Д. Л. (1946). Гидрологические и водохозяйственные расчеты при проектировании малых ГЭС. Тр. Научно-исслед. упр. гидрометеоролог. службы, серия IV, вып. 36, Гидрометиздат. — Труфанов А. А. (1923). Речная гидрология. Гостехиздат. — Шапошников Д. Г. (1938). Прогноз дебита кяризов северного подножья Копет-Дага. Метеоролог. и гидролог., № 9—10. — Щукин И. С. (1933). Общая морфология суши, т. I. Горно-геолого-нефтян. изд.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

1954 · ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ СБОРНИК · VI

ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО СОЮЗА ССР

Ф. И. БЫДИН

ОБ УРОВНЯХ ОЗЕР В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЕМ ПРИТОКА ВОДЫ В НИХ

В связи с изменением притока воды в озера необходимо иметь способы предопределения уровней в них. В литературе приводятся такие расчеты. Весьма плодотворно работает в этом направлении Б. Д. Зайков (1946). Не останавливаясь на том, что известно, изложим методически несколько отличающийся способ вначале в общей форме, а затем приведем пример практического использования для одного из крупных озер-морей.

Уравнение баланса воды для озера можно записать в следующем виде:

$$Y_{\text{пов. пр.}} + Y_{\text{подз. пр.}} + Y_{\text{ос. оз.}} =$$

$$= Y_{\text{исп.}} + Y_{\text{пов. отт.}} + Y_{\text{подз. отт.}} + Y_{\text{изм. об. оз.}}, \qquad (1)$$

где $Y_{\text{пов. пр.}}$ — объем поверхностного притока воды в озеро; $Y_{\text{подз. пр.}}$ — объем подземного притока воды в озеро; $Y_{\text{ос. оз.}}$ — объем воды от атмосферных осадков, выпадающих на поверхность озера; $Y_{\text{исп.}}$ — объем воды, испарившейся с озера; $Y_{\text{пов. отт.}}$ — объем воды, вытекающий из озера по поверхности земли в естественном русле или искусственно изъятый из озера через реку, канал, трубопроводы и т. п.; $Y_{\text{подз. отт.}}$ — объем воды, вытекающий из озера подземным путем; $Y_{\text{изм. об. оз.}}$ — изменение объема воды в самом озере (прибыль или убыль с соответствующим знаком).

Уравнение в этой форме удобно в том отношении, что позволяет оценивать в числах (если такие данные имеются) роль каждой составляющей водного баланса и не забывать о тех составляющих, которые обычно еще вовсе не замеряются численно (например объемы поступающих в озеро подземных вод и др.) или замеряются или вычисляются с недостаточной точностью. Поэтому когда что-либо по необходимости (из-за незнания численных значений) приходится отбрасывать, должно быть ясно, в чем состоит неточность окончательно принимаемого результата. Кроме того, каждую составляющую приведенного выше уравнения можно анализировать далее, применяя те соотношения, которые целесообразны именно для этой составляющей, а не для более укрупненной, суммарной характеристики. Выяснив же долю влияния каждой составляющей, затем, при надобности, можно объединить подобные члены или заменить соответствующие характеристики близкими к ним величинами, более удобными для расчетов.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Такова схема анализа, которую можно и углублять и упрощать, в зависимости от наличия конкретных материалов, степени точности их, словом от степени изученности вопроса для конкретного водоема.

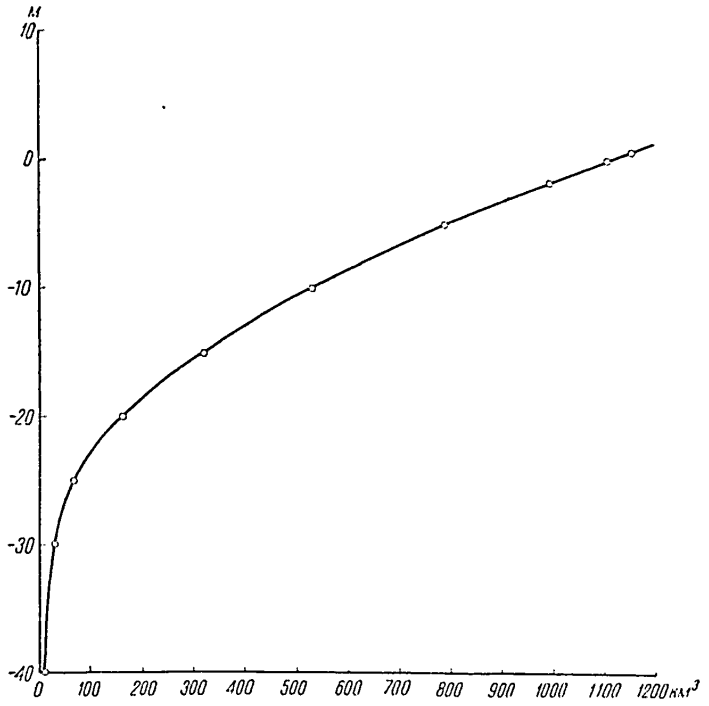


Рис. 1. Объемы воды (в км³) в Аральском море при разных уровнях воды (в м) над 0 графика футштока по рейке ст. Аральское море.

Приведем пример непосредственных вычислений для Аральского моря. Из труда Б. Д. Зайкова (1946) известны следующие величины (табл. 1 и рис. 1).

Таблица 1

Площади поверхности и объемы Аральского моря

Уровень воды (H в м) над 0 графика футштока ст. Аральское море	Площадь поверхности воды (F в км²)	Объемы воды (V в км³)	Уровень воды (H в м) над 0 графика футштока ст. Аральское море	Площадь поверхности воды (F в км²)	Объемы воды (V в км³)
0.70	69670	1153	—25	12370	68
0.00	67980	1105	—30	3000	30
—1.68	63915	994	—40	915	10.2
—5	55280	790	—50	383	3.7
—10	46630	531	—60	183	0.9
—15	37930	320	—68	32	0.02
—20	25210	162	—69.68	0	0

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Имея такие данные, можно вычислить объем воды в озере, а также и площадь озера при любом промежуточном уровне воды, соответственно подставляя затем эти данные в формулу (1) для последующего численного учета влияния каждого из приведенных в формуле факторов. Но как по причине недостатка исходных данных для пользования формулой (1) в полном виде, так и по причине малой точности ряда искомых величин обычно приходится делать те или иные допущения при вычислениях, пренебрегая мало влияющими факторами. Кроме того, некоторые факторы, действуя в противоположных направлениях (с разными знаками их действия) естественно уменьшают итоговые ошибки. Другими словами, итоговые ошибки не равны сумме ошибок в вычислении отдельных элементов и обычно меньше такой суммы. И, наконец, в ряде случаев не обязательно надо точно знать конечный результат, а важно оценить преимущество того или иного варианта в проектировке. Тогда однообразно вычисленные данные (по однообразным типам соотношений) могут быть вполне достаточными для удовлетворительного ответа. Это особенно требуется в соображениях, где важно иметь быстрый способ оценки той или иной возможной ситуации, того или иного сочетания главнейших факторов.

С целью быстрого и достаточно наглядного расчета различных вариантов проектировки ниже приводятся некоторые аналитические и графические соотношения, облегчающие производство таких расчетов.[1]

Перепишем уравнение (1) в таком виде, чтобы в первую очередь следовали главные, решающие члены его: поверхностный приток воды в Аральское море, затем испарение воды с зеркала моря, изменение объема воды в озере и т. д. Тогда получим:

$$Y_{\text{пов. пр.}} = Y_{\text{исп.}} + Y_{\text{изм. об. оз.}} -$$

$$- Y_{\text{ос. оз.}} + Y_{\text{пов. отт.}} + Y_{\text{подв. отт.}} - Y_{\text{подв. пр.}}. \qquad (2)$$

Последние два члена уравнения, повидимому, еще ни для одного озера не известны, и всеми исследователями они не принимаются во внимание, как это сделал также и Б. Д. Зайков (1946). Влияние этих факторов если и имеется, то обычно небольшое и в практических рассматриваемых здесь задачах может быть исключено.

Испарение с поверхности озера и атмосферные осадки на поверхность озера для рассматриваемых целей можно принять постоянными. Б. Д. Зайков принимает эти величины равными: испарение 63.20 км^3, а осадки 5.63 км^3, но подставлять их в таком виде в формулу (2) обычно нецелесообразно, так как с изменением размеров поверхности озера будут меняться и объемы воды на испарение, и объемы воды от выпавших осадков на зеркало озера при одинаковой интенсивности того или иного процесса. Следовательно, надо связать величины $Y_{\text{исп.}}$ и $Y_{\text{ос. ов.}}$ с меняющейся в разных ситуациях поверхностью озера (F). Запишем это так:

$$Y_{\text{исп.}} = F \cdot Z, \qquad (3)$$

$$Y_{\text{ос. оз.}} = F \cdot X, \qquad (4)$$

[1] В качестве еще одного из доводов целесообразности иногда простых, хотя и не вполне точных, расчетов можно привести изменяемость режима каждого водоема с течением времени (запление его, зарастание, деформация берегов и т. п.), отчего даже точные расчеты со временем теряют в той или иной степени это качество и становятся также приближенными.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

где Y — объем воды в км^3, F — поверхность озера в км^2, Z — испарение воды в км, X — атмосферные осадки на зеркало озера в км (X и Z даны в километрах для сохранения размерности величин). Так как испарение и осадки измеряются не в километрах, а в миллиметрах, то удобнее вместо формул (3) и (4) записать:

$$Y_{\text{исп.}} = \frac{F \cdot Z}{10^6}, \tag{5}$$

$$Y_{\text{ос. оз.}} = \frac{F \cdot X}{10^6}. \tag{6}$$

Изменение объема воды в озере также целесообразно представить в виде функции от площади поверхности озера, т. е. принять:

$$Y_{\text{изм. об. оз.}} = F \cdot h, \tag{7}$$

где h — изменение уровня озера в км, и

$$Y_{\text{изм. об. оз.}} = \frac{F \cdot h}{10^3}, \tag{8}$$

где h — изменение уровня озера в м.

Используя эти преобразования, т. е. формулы (5, 6 и 8), и исключая, как упомянуто выше, за малостью последние два члена в уравнении (2), можно его представить в следующем виде:

$$Y_{\text{пов. пр.}} = Y_{\text{пов. отт.}} + F\left(\frac{Z-X}{10^6} + \frac{h}{10^3}\right), \tag{9}$$

где величины Y — в км^3, F — в км^2, Z и X — в мм, а h — в м.

Формула (9) может быть расчетной и достаточно точной, если невелико значение отброшенных двух составляющих и если точно определяются оставленные в формуле характеристики.

Но обращаться каждый раз к таблицам или графикам для нахождения величин площади озера F не всегда удобно и легко, а кроме того, обычно трудно лишь по таблицам анализировать направление процесса в отношении наполнения или опорожнения озера, поскольку каждый раз надо куда-то отвлекаться от формулы (9) для поисков величины F. Чтобы облегчить эту последнюю задачу, бывает выгодно иногда связать величину F аналитически (в виде формулы) с высотой уровня воды в озере (H) по рейке.

Для Аральского озера-моря точно в виде формулы связь эту выразить трудно вследствие изломанности (в графическом изображении) имеющихся соотношений между уровнем воды в озере и площадью озера. В приближенном же виде связь эта может быть представлена рядом формул, в том числе следующей:[1]

$$F = 2125\,(H + 32), \tag{10}$$

где F — в км^2, H — уровень воды в озере в м над 0 футштока ст. Аральское море.

---

[1] Приводится как пример для аналитического (не графического) расчета. При более точном выражении этот член уравнения соответственно изменится.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

В связи с формулой (10) можно преобразовать и формулу (9), которая примет теперь следующий вид:

$$Y_{\text{пов. пр.}} = Y_{\text{пов. отт.}} + 2125\,(H+32)\cdot\left(\frac{Z-X}{10^6}+\frac{h}{10^3}\right). \qquad (11)$$

Формулой (11) можно пользоваться при разных величинах испарения воды с поверхности Аральского моря и при разных величинах атмосферных осадков на поверхность моря. Но очень часто нет смысла вводить уточнения за счет некоторой вариации величин Z и X и достаточно принять одну или обе эти величины постоянными.

Так как известно (по Зайкову, 1946), что среднемноголетняя за год величина $Z=920$ мм, а $X=82$ мм, то, приняв для всех расчетов эти значения постоянными, вместо формулы (11) получим для годового интервала времени

$$Y_{\text{пов. пр.}} = Y_{\text{пов. отт.}} + 2125\,(H+32)\cdot\left(\frac{0.838+h}{10^3}\right). \qquad (12)$$

Для оценки влияния различных изъятий воды на орошение, обводнение и т. п. удобнее два из таких известных или задаваемых члена уравнения (12) поместить на одной стороне равенства, а искомые или задаваемые две другие величины (H и h) поместить на другой стороне. Выполнив это, получим:

$$Y_{\text{пов. пр.}} - Y_{\text{пов. отт.}} = 2125\,(H+32)\cdot\left(\frac{0.838+h}{10^3}\right). \qquad (13)$$

Поверхностные приток и отток воды должны быть известны или заданы, равно как задан должен быть исходный уровень воды (H), чтобы определить затем, что произойдет с озером: опустится уровень его или поднимется и на какую величину h. Для облегчения практических вычислений можно заранее составить таблицу значений величин $2125\,(H+32)$, которые приведены ниже (табл. 2).

Таблица 2

Значения величин $2125\,(H+32)$ и $f\,(H)$

Уровень воды (H в м) по рейке ст. Аральское море над 0 графика футштока	Величина $2125\,(H+32)$	Величина $f(H)=\frac{2125(H+32)}{10^3}$	Величина $f\,(H)$ из исходных данных Б. Д. Зайкова (более точные значения)
0.70	69488	69.5	69.7
0.00	68000	68.0	68.0
— 1.68	64330	64.3	63.9
— 5	57375	57.4	55.3
—10	46750	46.7	46.6
—15	36125	36.1	37.9
—20	25500	25.5	25.2
—25	14875	14.9	12.4
—30	4250	4.2	3.00
—40			0.92
—50			0.38
—60			0.18
—68			0.03
—69.68			0.00

Пользуясь величиной $f(H)=\frac{2125\,(H+32)}{10^3}=\frac{F}{10^3}$, вместо формулы (13) получим следующее выражение:

$$Y_{\text{пов. пр.}} - Y_{\text{пов. отт.}} = (0.838+h)\cdot f\,(H), \qquad (14)$$

откуда

$$h=\frac{Y_{\text{пов. пр.}} - Y_{\text{пов. отт.}}}{f\,(H)} - 0.838, \qquad (15)$$

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

где h — искомое изменение уровня в м, $Y_{\text{пов. пр.}}$ — величина поверхностного притока воды в озеро в км³, $Y_{\text{пов. отт.}}$ — величина поверхностного оттока воды из озера в км³ (в данном случае для Аральского моря можно принимать воду, не допускаемую сюда вследствие разбора ее на орошение и обводнение земель); $f(H)$ берется из табл. 2.

Так как формула (15) является наиболее простой для охарактеризованных расчетов, воспользуемся ею для непосредственных вычислений.

Расчеты по формуле (15). Пользуясь ею, можно решать несколько задач: 1) пересчитать весь известный за прошлые годы наблюдений приток воды в Аральское море и новые их величины на основе тех или иных проектируемых изъятий воды на орошение; 2) предопределить будущий уровенный режим Аральского моря, исходя из современного уровня, последовательно включая в расчет те одинаковые каждый год или разные объемы воды, которые не поступят в море; 3) находить условия для неизменного положения уровня воды в Аральском море при разном поверхностном притоке воды в море и при разных недопусках воды в него.

Не ставя себе целью численное рассмотрение всех этих задач, приведем преобразованную формулу для последнего случая, т. е. для $h = 0$. Тогда:

$$f(H) = \frac{Y_{\text{пов. пр.}} - Y_{\text{пов. отт.}}}{0.838} \qquad (16)$$

Сравнивая эту формулу с данными табл. 2, видим, что неизменное положение уровня Аральского моря может быть исчислено при самых разнообразных исходных уровнях моря и разностях между поверхностным притоком воды в море и оттоком воды из него (недопуском воды в него). Вычисление этих значений не представляет затруднений, и они приведены в табл. 3.

Так как разность между притоком поверхностных вод в озеро и оттоком (недопуском) воды есть тот именно приток воды, который непосредственно будет поступать в озеро после той или иной задержки (использования) воды в водосборе, то формулу (16) можно представить еще короче для определения неизменного уровня:

$$f(H) = \frac{Y_{\text{действ. пр.}}}{0.838}, \qquad (17)$$

где $Y_{\text{действ. пр.}}$ — действующий приток воды.

Формула (16) имеет более общий вид, и ею удобнее пользоваться для проточных озер. Формула (17) более удобна для непроточных озер, особенно если они находятся в естественном состоянии относительно поступления в них воды извне.

Для реконструируемых водосборов и водоемов лучше пользоваться формулой (16), понимая под оттоком воды и недопуск воды в озеро, и искусственный забор воды из озера непосредственно (например на водоснабжение прибрежных или удаленных предприятий), и естественное вытекание воды из озера в ниже расположенную реку, и сумму этих величин, в зависимости от характера полученного задания, полноты имеющихся материалов и схемы развертывания формулы (с подробностями изображения отдельных составляющих или с принятием суммы их влияний).

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Графические соотношения. Более всего нужна для рассматриваемых целей кривая объемов воды в Аральском море, представленная на рис. 1. Пользуясь ею, можно построить расчетный график (рис. 2), который позволяет весьма просто предвычислять уровенный режим моря ($H_{иск.}$) для любых значений притока воды в него, при любых начальных (исходных) положениях уровня ($H_{исх.}$).

Таблица 3

Разности между годовым притоком воды в озеро-море и оттоком воды из него (или недопуском воды в него), необходимые для поддержания уровня озера в конце года равным уровню воды в начале года

Уровень воды (H в м) по рейке ст. Аральское море над 0 графика футштока в начале года, остающийся таким же в конце года	Разность (в км³) между годовым притоком воды в море и оттоком (недопуском) воды, т. е. $Y_{нов. пр.} - Y_{нов. отт.}$, необходимая для одинакового уровня моря в начале и конце года
0.70	58.4
0.00	57.0
— 1.68	53.6
— 5	46.4
—10	38.9
—15	31.8
—20	21.2
—25	10.4
—30	2.52
—40	0.77
—50	0.32
—60	0.15
—68	0.025
—69.68	0.000

Для воспроизведения чертежа в более крупном масштабе в табл. 4 приведены цифровые данные.

Величины притоков воды, необходимые для сохранения уровня воды к концу года неизменным, т. е. равным уровню в начале года, приведены на рис. 3. Соотношение построено на основе табл. 3, и уровни сдвинуты вниз на 0.42 м, чтобы для большей точности отнести испарение (или суммарные потери всех видов) к середине интервала высоты по рейке, когда поверхность озера, умноженная на величину слоя испарения воды (или слоя всех потерь); равновелика с притоком воды в море.

Таблица 4

Начальные (исходные) и конечные (искомые) уровни воды в Аральском море при заданном притоке воды

Исходные уровни ($H_{исх.}$ в м) по рейке ст. Аральское море над 0 графика футштока в начале анализируемого года	Искомые уровни ($H_{иск.}$ в м) в конце анализируемого года			
	приток воды за анализируемый год (в км³)			
	0	10	50	100
0	— 0.84	— 0.66	0.06	0.61
— 5	— 5.84	— 5.62	— 4.90	— 4.14
—10	—10.84	—10.59	— 9.54	— 8.74
—15	—15.84	—15.59	—14.34	—13.24
—20	—20.84	—20.44	—18.94	—17.44
—25	—25.84	—25.14	—22.64	—20.54
—30	—30.84	—29.04	—24.94	—22.14
—35	—35.84	—31.84	—26.04	—22.74
—40	—40.84	—34.24	—26.60	—23.14

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Отметим, что выразить эти соотношения в аналитическом виде, т. е. в виде удобных для расчетов формул и с такой же точностью, как графики, весьма затруднительно. Приближенными же формулами могут служить следующие:

$$Y = 1.06\,[(H_{\text{иск.}} + 32)^2 - (H_{\text{исх.}} + 32)^2], \qquad (18)$$

где Y — анализируемый приток воды в км³, $H_{\text{исх.}}$ — исходный уровень воды в м над 0 графика футштока ст. Аральское море, $H_{\text{иск.}}$ — иско-

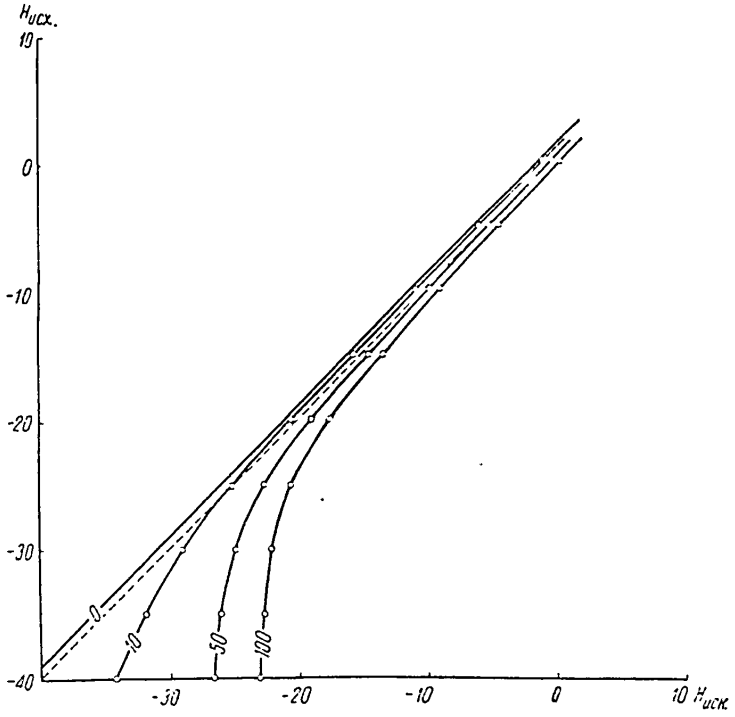


Рис. 2. Соотношения для расчетов уровней Аральского моря (в м) спустя год при разных притоках воды в море.

Пунктир — неизменное положение уровня воды спустя год при соответствующем притоке воды, *арабские цифры* на поле графика — притоки воды за год в км³.

мый уровень воды спустя год (в этом месте и в этой же системе отметок).

Приток воды ($Y_{\text{исх.}}$), необходимый для поддержания уровня воды (H) в море неизменным к концу года, может быть приближенно выражен следующей формулой:

$$Y_{\text{исх.}} = 1.8\,(H + 32), \qquad (19)$$

где $Y_{\text{исх.}}$ — в км³, H — в м. Обе эти формулы применимы для значений уровня воды (H) от 0.5 до 32 м.

Во всех случаях, где это возможно, следует предпочитать расчеты по приведенным выше графикам, но ориентировочные величины удовлетворительными будут иногда и по формулам. Результаты поверочных

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

вычислений, проделанных и тем и другим способом, приведены в табл. 5 и 6. Они указывают на порядок расхождений в подсчетах.

Как видно из табл. 5, результаты расчетов по графической связи и по формуле (19) близки друг к другу.

Из табл. 6 видно, что в пределах погрешности искомого уровня обычно до 20 см формула (18) применима, и ею в таких ориентировочных расчетах пользоваться можно для рассмотренных границ притоков воды.

В заключение приводим, как пример результата расчетов по графическому соотношению, размер падения уровня Аральского моря, исходя из недопуска в море расхода Аму-Дарьи в 600 м³/сек. (18.93 км³/год) при условно принятом современном среднемноголетнем притоке воды 57.57 км³ в год. Эти данные приведены на рис. 4 и 5. Из них видно, что относительно интенсивная начальная убыль воды в море (сначала порядка 25—30 см в год) будет постепенно затухать и весь процесс убыли воды до устойчивого неизменного уровня совершался бы в заданных условиях около 100 лет. При этом в первые

Таблица 5

Притоки воды в Аральское море, необходимые для поддержания уровня моря в конце года равным уровню в начале года[1]

Уровень воды (H в м) по рейке ст. Аральское море над 0 графика футштока, остающийся к концу года неизменным	Приток воды (в км³)	
	по графической связи рис. 3	по формуле (19)
0.38	58.4	58.3
— 0.42	57.0	56.4
— 2.10	53.6	53.8
— 5.42	46.4	47.8
—10.42	38.9	38.8
—15.42	31.8	29.8
—20.42	21.2	20.9
—25.42	10.4	11.8
—30.42	2.52	2.84
—40.42	0.77	0.00
—50.42	0.32	
—60.42	0.15	
—68.42	0.025	
—69.68	0.000	

Таблица 6

Исходные и конечные уровни Аральского моря, вычисленные по разным соотношениям

Исходный уровень воды ($H_{исх.}$ в м) по рейке ст. Аральское море над 0 графика футштока	Искомый уровень воды ($H_{иск.}$ в м) спустя год (в обоих случаях с учетом испарения воды = 0.84 м)			
	приток воды (в км³)			
	10		50	
	по графической связи рис. 2	по формуле (18)	по графической связи рис. 2	по формуле (18)
0	— 0.66	— 0.69	0.06	— 0.10
—10	—10.59	—10.62	— 9.54	— 9.44
—20	—20.44	—20.46	—18.94	—19.02
—30	—29.04	—29.18	—24.94	—25.70

[1] Год во всем данном изложении понимается не как начинающийся обязательно в январе и оканчивающийся в декабре, а начинающийся с любой даты года. Таким образом, рассматриваются условия, необходимые для того, чтобы сохранить уровень неизменным спустя год.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

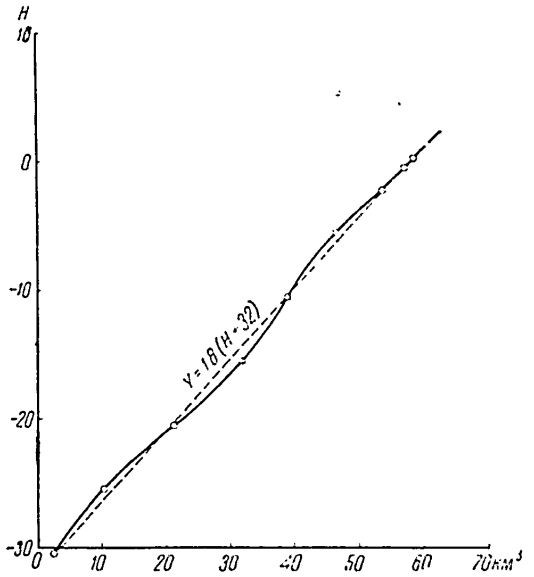


Рис. 3. Притоки воды (V в км³) за год, при которых уровни Аральского моря (H в м) остаются в конце года равными уровням в начале года.

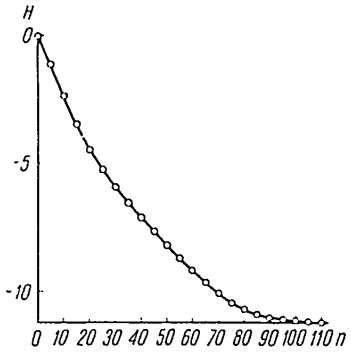


Рис. 4. Условно исчисленные уровни Аральского моря при постоянном недопуске воды в него в размере 600 м³/сек., исходя от начального уровня моря $H = 0$ м над 0 графика футштока по рейке ст. Аральское море и условного современного среднемноголетнего притока воды в море 57.57 км³ в год.

По оси *абсцисс* — число лет от начального состояния моря (n), по оси *ординат* — уровень воды над 0 графика футштока по рейке ст. Аральское море, ожидаемый спустя n лет.

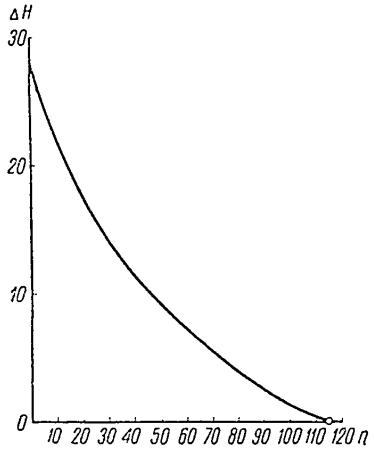


Рис. 5. Условно исчисленная ежегодная убыль воды в Аральском море при постоянном недопуске воды в него в размере 600 м³/сек., исходя от начального уровня моря $H = 0$ м над 0 графика футштока по рейке ст. Аральское море и условного современного среднемноголетнего притока воды в море 57. 57 км³ в год.

По оси *абсцисс* — число лет от начального состояния моря (n), по оси *ординат* — убыль воды за год (ΔH в см).

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

25 лет уровень упал бы на 5 м, во вторые 25 лет еще на 3 м и последние 30—50 лет еще на 3 м, а в итоге уровень упал бы на 11 м. В дальнейшем уровень менялся бы только от изменений погоды и дальнейших реконструктивных мероприятий.

Естественно, что другие варианты расчетов и другие исходные положения дадут другие результаты. Расчеты будут более точны, когда представится возможным оценивать и количество грунтовых вод, поступающих в Аральское море, и более точно определять другие составляющие водного баланса, в том числе изменение солености и ее влияние на величину испарения.

Литература

Зайков Б. Д. (1946). Современный и будущий водный баланс Аральского моря. Тр. научно-исслед. учреждений Главн. упр. Гидрометеоролог. службы при Совете Министров СССР, сер. IV, Гидрология суши, вып. 39. — Никольский Г. В. (1950). Ирригационное строительство и рыбное хозяйство Аральского моря. Мат. по ихтиофауне и режиму вод басс. Аральского моря, Изд. Моск. общ. испыт. природы, новая серия, Отд. зоолог., вып. 19 (XXXIV).

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

1954 · ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ СБОРНИК · VI

ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО СОЮЗА ССР

А. И. ДЗЕНС-ЛИТОВСКИЙ

К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВОД ВЕЛИКИХ СИБИРСКИХ РЕК

ВВЕДЕНИЕ

Успешно развивая под руководством коммунистической партии социалистическое народное хозяйство, советские люди все шире и рациональнее используют природные ресурсы. На географических картах Союза ССР появились новые каналы, соединяющие между собой реки и моря, высокие плотины, образующие новые течения рек и новые водохранилища — «озера-моря», о которых только мечтали передовые люди дореволюционной России. Таковы «моря» Цимлянское, Московское, Рыбинское и др.

За последние годы в газетах и в различных научных и литературных журналах появился ряд статей о проблеме использования вод великих сибирских рек для орошения и обводнения степей Сибири, переброса вод рек системы Обь—Иртыш и Ангара—Енисей, впадающих в Карское море, в Арало-Каспийский бассейн, о создании Сибирского моря и пр. (Бояринцев, 1949; Давыдов, 1949, 1951; Обручев, 1949).

Проблема использования вод великих сибирских рек для орошения и обводнения засушливых степей Западно-Сибирской низменности и электрификации городов и колхозных сел (рис. 1, 2) будет осуществлена не сразу, а по частям.

В директивах XIX съезда партии по пятому пятилетнему плану развития народного хозяйства говорится: «Провести подготовительные работы к строительству оросительных систем для орошения и обводнения земель Кулундинской степи... Ввести в действие крупные гидроэлектростанции, в том числе... Усть-Каменогорскую и другие... Развернуть строительство... Новосибирской гидроэлектростанции, начать строительство новых крупных гидроэлектростанций... Бухтарминской на Иртыше и ряда других» (Резолюции XIX съезда КПСС, 1953, стр. 7 и 19).

Первые шаги по всестороннему использованию вод сибирских рек уже делаются. Закончена первая очередь Алейской оросительной системы водами р. Алея, левого притока Оби, на юго-востоке Кулундинской степи. Началось освоение вод других степных рек: Бурлы, Карасука и Кулунды. На протяжении верхнего и среднего течений рр. Оби и Иртыша ведутся исследования для строительства мощных гидроэлектростанций с крупнейшими водоемами, которые создадут в степной зоне водохранилища-озера, во много раз больше волжских «морей».

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

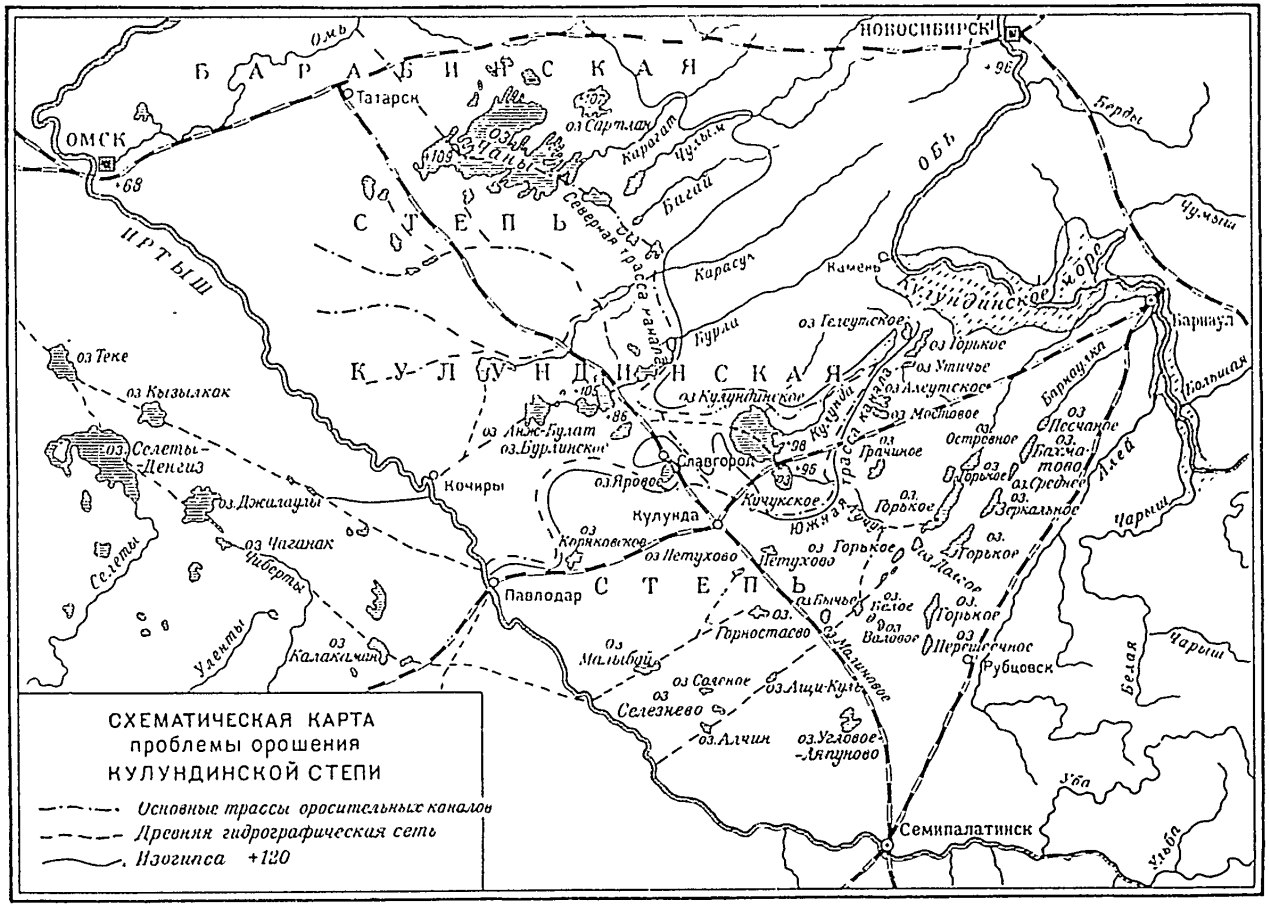


Рис. 1.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Водохранилища будут расположены в зоне засушливых степей Кулундинской, Прииртышской, Ишимской и др. Степи эти тянутся на сотни километров по берегам Оби, Иртыша, Ишима, Тобола, образуя плоско-увалистые водораздельные пространства.

Сибирские степи издавна страдали от суховеев и частых засух. Эти засушливые степи должны быть превращены в плодороднейшие земли. Они станут житницей Сибири. Для этой цели в степи будут построены оросительные системы, которые получат воды из сибирских рек.

Для использования вод сибирских рек существует много различных проектных вариантов. На рр. Оби, Иртыше и Ишиме проектируется создание целого ряда крупных водохранилищ. Так, например, на р. Оби в пределах сибирских степей проектируется возведение плотины у г. Камень-на-Оби, которая образует Кулундинское водохранилище-море, а ниже по течению, в пределах Барабинской березовой лесостепи, создается Новосибирское водохранилище.

Согласно директивам XIX съезда КПСС по пятому пятилетнему плану, развернуто строительство Новосибирской гидроэлектростанции на р. Оби, на р. Иртыше, у г. Усть-Каменогорска введена в действие крупная Усть-Каменогорская гидроэлектростанция, начато строительство новой крупной Бухтарминской гидроэлектростанции и ряда других. Плотины гидроэлектростанций на Иртыше создадут целый каскад крупных водохранилищ-морей: Усть-Каменогорское, Бухтарминское, Ермаковское и др.

Водами Обь-Иртышской системы будет обводнено 12—15 млн га степных земель Западной Сибири и рационально использованы колоссальные водные ресурсы сибирских рек в различных отраслях народного хозяйства — в энергетике, сельском хозяйстве, промышленности, водном транспорте, рыбном хозяйстве.

Воды великих рек Сибири могут оживить богатые солнцем, но бедные влагой огромные степные просторы Сибири.

К сожалению, могучие сибирские реки — Обь, Енисей и Лена — несут свои воды на север, в красные моря Северного Ледовитого океана. Ежегодно около 2.5 тыс. км^3 воды без всякой пользы сибирские реки сбрасывают в Северный Ледовитый океан. Передовые люди России уже давно мечтали о повороте великих сибирских рек на юг и использовании их вод на орошение и обводнение засушливых степей.

Для борьбы с суховеями и периодическими засухами уже в течение ряда лет в сибирских степях ведутся посадки полезащитных лесных полос, которые станут навстречу суховеям. До 1950 г. в Кулунде было облесено более 3 тысяч гектаров.

В ближайшие пятнадцать лет предполагается засадить в Кулунде свыше 40 тыс. га, в Барабе — свыше 12 тыс., а по всей Новосибирской области — около 60 тыс. га леса.

Высаживаться будут береза, тополь, сибирская лиственница и даже дуб — новая для Сибири лесная порода. В 1950 г. начались опытные посадки этого дерева — лучшего полезащитного дерева с его могучей широколиственной кроной.

Орошение и обводнение степных просторов Западной Сибири позволят сильно расширить полезащитные лесные полосы, защитят степи от вредного влияния суховеев, улучшат климат степей. В западносибирских степях воздух станет более влажным, зима менее суровой, изменится природный ландшафт степей.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

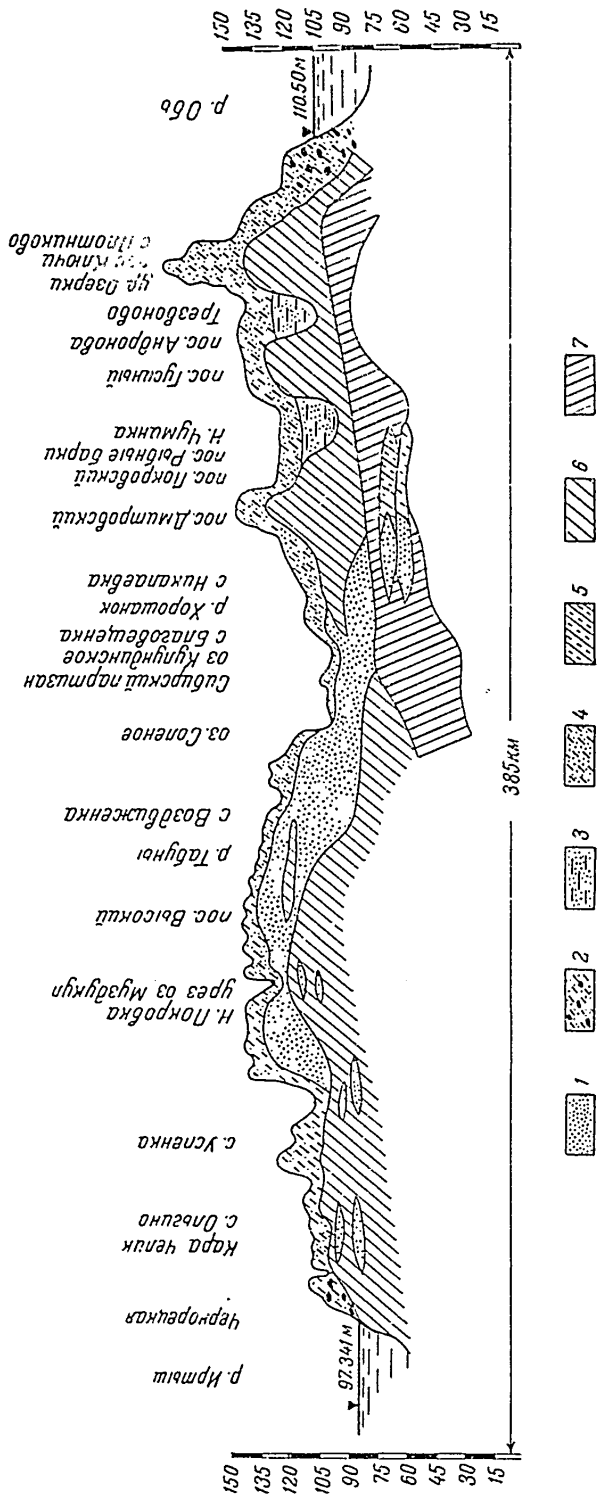


Рис. 2. Схематический геологический разрез Обь-Иртышского междуречья (составлено по Л. А. Никитюк и Ш. Л. Корнко).
1 — пески (Q), 2 — пески с галькой (Ng + Q), 3 — пески-плывуны (Ng + Q), 4 — суглеси (Ng + Q), 5—суглинки (Ng + Q), 6 — глины (Ng + Q), 7 — глины неогеновые (Ng).

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ СТЕПЕЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Первые этапы геологической истории развития огромной впадины, на месте которой формировалась современная Западно-Сибирская низменность, еще недостаточно выяснены. До сих пор нет еще ясного представления о подземном рельефе палеозойского фундамента, на котором покоятся мощные толщи рыхлых третичных и более поздних отложений.

В течение ледникового периода Западно-Сибирская низменность подверглась мощному накоплению четвертичных отложений и сильному развитию рельефа. На слабо расчлененной равнине, сложенной рыхлыми породами Западно-Сибирской низменности, образовались большие озера и получили широкое распространение водно-ледниковые отложения и связанные с ними формы рельефа. Гидрографическая сеть Западно-Сибирской низменности отличается слабым врезанием и ничтожным влиянием на прилегающие водоразделы. Основные речные артерии — Обь и Иртыш, берущие свое начало в глубине Алтайской горной системы, на степных равнинах текут в чрезвычайно обширных, иногда до 80—120 км шириной, но неглубоких, врезанных на 60—80 м, долинах с многочисленными руслами, старицами и береговыми валами (Герасимов, 1934).

Барабинская и Кулундинская степи расположены на водоразделе между рр. Обью и Иртышом. Кулунда занимает юго-восточную часть Западно-Сибирской низменности. К северу от нее расположена Бараба. Кулундинская плоская впадина, имеющая чашеобразную форму, выполнена мощными толщами флювио-гляциальных и озерно-речных отложений, принесенных с Алтая и Салаира. Она представляет собой район неоднократного медленного опускания с одновременным накоплением осадков, сносимых водами по ложбинам стока с высот Алтая и Салаира. В ее центральной пониженной части развиты системы конечно-сточных озер.

Кулундинская степь является северо-восточным окончанием средиазиатских пустынь и полупустынь. С юга Кулунду ограничивает лесостепная зона предгорий Алтая, с востока — склоны Салаирского хребта. На севере Кулундинская степь переходит в Барабинские лесостепи и болота Васюганья.

Мощные водотоки ледниковой эпохи, несшие талые воды с Салаира в западном направлении, образовали в Обь-Иртышском бассейне ряд лощин и увалов, пересекающих полностью или частично Обь-Иртышское междуречье в направлении с востока на запад. По лощинам этих водотоков отложилось большое количество песков. Уже много позднее, когда открылся свободный доступ ледниковым водам в Северный Ледовитый океан, увалы были пересечены почти под прямым углом долиной Оби.

Река Обь приняла в себя реки с Салаира и прекратила их течение в степи Обь-Иртышского междуречья. Долины древних водотоков под действием местного стока и ветров стали изменяться, а песчаные наносы покрылись сосновыми борами (Герасимов, 1940; Дементьев и Кесь, 1947; Кесь, 1935).

Долина Оби постепенно углублялась уже в течение исторического периода. Вместе с углублением долины Оби произошло изменение и по древним лощинам стока. По ряду древних лощин стока образовались

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

обратные течения с запада на восток, например по рр. Алею, Барнаулке, Космале и др. По лощинам Кулундинской, Бурлинской, Карасукской и Баганской текут в настоящее время маловодные степные реки, не имеющие стока в р. Иртыш, а теряющиеся в котловинах и водоемах бывших мощных древних водотоков.

Надо полагать, что самый мощный древний водоток направлялся по Кулундинской лощине. Седловина водораздела этой древней лощины подходит вплотную к пойме р. Оби и возвышается над ней не более 12—13 м. На седловине Кулундинской лощины легче всего проследить форму русла бывшей реки пра-Кулунды по вытянутой цепи озер. На этих озерах видны бывшие изгибы русла большой реки, перекаты и вытянутые по направлению бывшего течения старицы реки. Современная р. Кулунда, впадающая в Кулундинское озеро, представляет только отрезок верхнего течения р. пра-Кулунды.

Все увалы Обь-Иртышского междуречья на север снижаются, укорачиваются и имеют наиболее повышенные части на востоке, в непосредственной близости от р. Оби. По мере продвижения на запад увалы сглаживаются и лощины теряются (Танфильев, 1902).

В западной части Обь-Иртышского междуречья расположено много различной величины впадин и котловин. На дне наиболее значительных впадин в большинстве случаев расположены озера. Имеются впадины Кулундинская, Таволжанская, Анжбулатская, Чановская, Чебаклинская, Абышканская и другие, получившиеся от высыхания громаднейших пресных водоемов, наполнявшихся в свое время стоком древних рек. Изысканиями установлено, что все впадины, повидимому, имели выход в р. Иртыш (Шпитников, 1948).

Между Иртышом и его западным притоком Ишимом расположена Ишимская степь. Геологическая история этой степи мало отличается от Барабы и Кулунды. Ледниковые воды Обь-Иртышской системы через Ишимскую степь направлялись к Тургайским воротам и, далее, на юг — в Тургайскую низменность. Ледниковые потоки вод оставили в Ишимской степи, так же как и в Кулундинской, много древних сухих лощин стока и озерных котловин.

Большинство озерных котловин Западной Сибири приурочено к древним ложбинам стока, ныне бессточным. Одни ложбины хорошо выражены в рельефе и, повидимому, в сравнительно недавнее время служили ложем постоянных или временных потоков, а сейчас заняты многочисленными озерами, сильно вытянутыми по оси ложбин. На отдельных участках такие отдельные озера соединяются протоками. Более древние ложбины обычно более широки и с весьма отлогими берегами. Часто на местности их трудно проследить, но с самолета они хорошо прослеживаются, особенно во время снеготаяния ранней весной.

Так, ранней весной 1950 г., при обследовании нами степей Кулунды, Ишима и Прииртышья с самолета, эти летом незаметные ложбины прекрасно были обрисованы и довольно четко выделялись в рельефе. Хорошо заметны были и водораздельные пространства, которые несколько раньше освободились от снежного покрова, когда в ложбинах еще белели вытянутые по направлению ложбин полосы и пятна снега.

В ложбинах растянуты и разбросаны группами и в одиночку мелкие и крупные озера; одни из них «пресные с карасями», другие — «горькие и соляные с солями». Во влажные периоды уровень воды в озерах сильно поднимается и отдельные озера сливаются между собой.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Климат степей Западно-Сибирской низменности характеризуется как континентальный. Годовое количество осадков около 250 мм. Лето в степях жаркое и сухое. Средняя температура воздуха в июле достигает 21.8°; максимальная — более 40°. Высокая летняя температура и сухость воздуха, частые и сильные ветры, большое количество ясных дней создают благоприятные условия для интенсивного испарения.

Зима в западносибирских степях продолжительная и холодная. Средняя температура воздуха в январе около —17°, а отдельные морозы достигают —51° С. Зимой выпадает минимальное количество годовых осадков — от 3 до 11 мм в месяц, почему снежный покров обычно весьма незначителен.

На большей части территории ощущается недостаток пресной воды. Кулундинская и Ишимская степи представляют собой бессточную область, где сток поверхностных вод не доходит до основных рек, а заканчивается в бессточных озерах, испаряющих приносимую степными реками воду. В питании степных рек главную роль играют накопленные за зиму осадки, так как летние осадки испаряются и не участвуют сколько-нибудь заметно в поверхностном стоке. Степные реки носят характер временных потоков и существуют лишь в период прохождения талых вод.

Грунтовые воды, приуроченные к рыхлым отложениям от третичных до современных, в зависимости от гипсометрического положения, характера рельефа и литологических свойств пород, сильно варьируют по своим качествам (пресные, солоноватые и соленые), глубине залегания (от 2 до 30 м) и дебиту (богатые, прерывистые и бедные).

Минеральные озера западносибирских степей многочисленны, обильны солями и разнообразны по минерализации (составу солей). Распределение озер на степных просторах непосредственно указывает на связь их с характером рельефа: в самых пониженных частях лежат крупные конечно-сточные озера, аккумулирующие в себе обильные соли впадающих степных рек и подземных вод. По древним лощинам стока вытянуты озера в длинных котловинах с водой различной по степени минерализации.

Континентальность и сухость климата степей Западной Сибири, равнинный рельеф с характерным обилием бессточных впадин и медленным движением грунтовых вод способствуют образованию минеральных озер. Приносимые речными и грунтовыми водами запасы солей концентрируются в водном бассейне по мере испарения воды, и чем большее количество вод поступает, тем интенсивнее идет накопление солей. Происхождение солей связано с древними и современными процессами выветривания, концентрацией древних континентальных солей в породах и выщелачиванием солей из соленосных третичных толщ.

В степях Западно-Сибирской низменности господствуют плодородные южные черноземы и каштановые почвы. Но для освоения их нехватает воды. Драгоценная вода мощными водными артериями уносится через степи в Карское море Северного Ледовитого океана.

ИСТОРИЯ ПРОБЛЕМЫ «СИБИРСКОГО МОРЯ»

Проблему поворота великих сибирских рек вспять — в Арало-Каспийский бассейн — и создания Сибирского моря в бассейне р. Оби и ее притоков Иртыша, Ишима, Тобола и др. предполагается осуществить возведением на р. Оби у Белогорья, ниже впадения Иртыша в Обь,

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

основной головной плотины высотой 78 м. Выше плотины образуется громадное по размерам, сложное по очертаниям берегов и глубокое водохранилище — Сибирское море, площадью около 300 000 км², что почти в пять раз больше площади Азовского моря. Затопляемая площадь на 90% представляет болота, урманы и прочие неудобные земли сибирской тайги. В зону затопления не попадает ни один из крупных городов Сибири (Давыдов, 1949).

Для направления излишков вод Сибирского моря в Арал и Каспий и использования их для орошения предполагается сооружение канала через Тургайские ворота (Давыдов, 1949, 1951; Демченко, 1901). Проблема эта может иметь огромное значение для развития народного хозяйства нашей страны. Водами сибирских рек могут быть превращены в цветущие сады и хлебные поля не только просторы сибирских степей, но и громадные площади сыпучих песков, солончаков, такыров и глинистых равнин Казахстана и Средней Азии. Сибирские воды могут оживить пустыни и полупустыни, улучшить климат, изменить географию громадных территорий Советского Союза.

Предложение повернуть вспять великие сибирские реки и использовать их воды для орошения сибирских степей, а излишки воды направить через Тургайские ворота в Аральское и Каспийское моря имеет интересную историю. Насколько известно, она начинается с 1868 г. Вот что писал первый автор этой грандиозной проблемы — инженер Я. Демченко (1900, стр. 121):

«В 1868 году я представил на рассмотрение Русского географического общества записку „О применении, которое в будущем можно сделать из Арало-Каспийской низменности". Общество поручило рассмотреть мою записку одному из своих членов, который по истечении более года уведомил меня, что считает себя некомпетентным, чтобы высказать какое-нибудь определенное мнение по столь сложному вопросу, и добавил, что записка моя будет им передана на рассмотрение еще других членов, специалистов по географии... Но прошло еще больше года и отзывов со стороны названных специалистов все-таки не последовало.

«Тогда я решился изложить вопрос более обстоятельно и издал в 1871 году брошюру о наводнении Арало-Каспийской низменности. Блаженные газетчики, как я и ожидал, подняли меня на-смех, а другие, более осторожные, благоразумно умалчивали. Молчало также и большинство месячных журналов. Но последовало также несколько отзывов серьезного характера».

Что же предлагал инженер Демченко в изданной им в 1871 г. брошюре «О наводнении Арало-Каспийской низменности»?

«В недальнем расстоянии от Аральского и Каспийского морей, в Сибири, — писал Демченко, — находится речная область Оби, в два раза более обширная, нежели область Волги, и могущая массой своих вод питать два Каспийских моря. Область эта почти одинаково открыта как к Ледовитому морю, на север, так и к Аральскому, на юг, и только вследствие самого незначительного склона в первом направлении реки ее, вытекающие с запада из Уральских гор и с востока — из Алтайских, поворачивают затем на север, а не на юг.

«Достаточно было бы небольшой преграды со стороны Ледовитого моря или небольшой ложбины со стороны Аральского, и реки Западной Сибири первоначальное свое восточное или западное направление изменили бы не в северное, как теперь, а в южное и своими обильнейшими водами не питали бы напрасно холодных тундр северной Сибири, не

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

опресняли бы во вред Ледовитого моря, более вследствие этого подверженного замерзанию, а, наоборот, оплодотворяли бы теплые и обширные страны, окружающие Каспийское и Аральское моря. Если же такое неблагоприятное и достойное всякого сожаления направление сибирских рек к Ледовитому морю обусловлено столь незначительной разницей в рельефе сибирской равнины на севере и юге, то, быть может, окажется возможным искусственно поправить природный недостаток этого рельефа, устроив преграду Оби со стороны Ледовитого моря и прорыв невысокий водораздел ее на юге, со стороны Аральского моря, и, таким образом, открыть ей путь в это последнее и, далее, в Каспийское море для столь желательного наводнения их берегов, от которого можно ожидать неисчислимых результатов» (стр. 4).

Действительно, направление рек Обского бассейна весьма благоприятствует «поворачиванию» на юг. Из долины Иртыша и Оби прямо по направлению к Аральскому морю ведет меридиональная долина р. Тобола. Долина р. Убагана, одного из притоков Тобола, приближается на небольшое расстояние к плоскому водоразделу между бассейном Тобола и долиной р. Тургая, текущей уже к Аральскому морю, «но не достигающей его вследствие своей маловодности». «Следовательно, — пишет Демченко (стр. 5), — если с одной стороны прорыть водораздел между Убаганом и Тургаем, а с другой — запрудить бы Обь у места соединения ее с Иртышом так, чтобы она поднялась до уровня окружающей равнины, т. е. на высоту 35 сажен против настоящего своего уровня, то Обь, наводнив свою долину, потекла бы по направлению тобольской долины, прорытого канала и долины Тургая прямо в Аральское море, которое, поднявшись до известного уровня, выпускало бы принятую воду по Узбою в Каспийское море».

Демченко в то же время ставил вопрос, достаточно ли будет вод бассейна Иртыша и Оби для образования Сибирского моря и обводнения Арало-Каспийской низменности. «В случае недостатка, — пишет Демченко (стр. 51), — в помощь к ним можно было бы присоединить р. Енисей, от г. Енисейска». Демченко приводит и примерное исчисление величины и стоимости сооружения «исходного канала и запруды», необходимых для направления вод Иртыша и Оби в Аральское и Каспийское моря и образования Сибирского моря.

В суждениях о возможности осуществления предполагаемого сооружения Демченко приняты во внимание уровень местности предполагаемой им дамбы и уровни рр. Оби, Иртыша, Тобола, Убагана и Тургая.

Демченко выдвигал несколько вариантов сооружения плотины. В одном из них он рекомендует возвести отдельные плотины на р. Оби (у устья притока Васюгана) и на р. Иртыше (у устья р. Тобола), а р. Обь выше плотины, в свою очередь, соединить каналом с Иртышом.

«Если запрудить р. Иртыш у г. Тобольска и поднять его до высоты нагорного берега, — говорит Демченко (стр. 8), — то по наводнении долин Тобола, Ишима, Иртыша и Оби окажется озеро, которое образовалось бы на их месте, имело бы глубину в долине Тобола, у ст. Звериноголовской, $13^1/_7$ сажени, а в долине Ишима, у г. Петропавловска — $9^1/_2$ сажени, в долине Иртыша у г. Омска — 18 сажен».

Рассуждения Демченко логичны, и ссылки его на высотные точки речных русел и тургайского водораздела достаточно точны. Однако «запруда» таких великих сибирских рек, как Иртыш, Обь или Енисей, во времена Демченко критикам его проекта казалась «невероятной вследствие своей небывалости».

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Что же писали критики проекта Демченко?

Один из критиков в журнале «Знание» (1871 г., № 9), находя возможным выполнение проекта Демченко в техническом и экономическом отношениях, представил, однако, следующее возражение: «Где девать и как удовлетворить то население, дома и земли которых будут затоплены новым морем и озерами в долинах сибирских рек?» (стр. 121). Демченко доказывал критикам, что новое море покроет земли, почти исключительно пустынные, непроизводительные, состоящие из сыпучих песков и скудных пастбищ в степях, и лишь в долинах сибирских рек вода затопит луга, леса, поля и несколько городов, городков и селений.

«Взамен того, — писал Демченко (стр. 123—127), — возникнут многие новые важные и второстепенные пункты на берегах нового моря, которые из пустынных и безжизненных каспийских и аральских берегов превратятся в цветущие, плодоносные и густонаселенные, возникнет много удобных заливов и гаваней на месте временных ныне степных рек и речек...

«Берега Тобола, Иртыша, Ишима, Оби и некоторых из притоков на известном пространстве будут доступны для больших кораблей, и на них возникнут десятки портовых городов.

«Для орошения полей нужна прежде всего вода, а ее-то и нет в наших южных и восточных степях. При настоящем климате и при тех водах, которые мы можем употребить для водопроводного орошения наших степей, мы можем оросить миллионы десятин или сотни квадратных миль. а новообразованное море своими испарениями и осадками может оросить тысячи миллионов десятин».

Один из критиков выдвигаемой проблемы выражал опасение, что если наводнить Арало-Каспийскую низменность водами сибирских рек, то на «Каспийском море настолько увеличится давление, что оно, море, может, пожалуй, провалиться».

«Соображение довольно наивное, — возражает Демченко. — Толщина земной коры, полагать должно, везде одинакова, и земля внутри не пуста. В Атлантическом и Тихом океанах глубина достигает 6—8 и даже 10 верст... И если под океаном земная кора не проваливается от давления, то кора под Каспийским морем тем надежнее выдержит давление. При всем том прибавка в Каспийском море слоя воды увеличит давление на земную кору не более, чем любая египетская пирамида или Исаакиевский собор, или даже пятиэтажный дом» (стр. 127—128).

В своей докладной записке Демченко затронул вопрос и о Манычском канале, соединяющем Каспий с Азовским морем.

«Когда будет готов Манычский канал, тогда Дон направится в Каспийское море, Азовское же море, лишившись Дона, обмелеет на 2—3 сажени и станет ниже уровня Черного моря, которое после этого направит свои воды в Азовское. Затем для дальнейшего направления вод Черного моря в Манычский канал потребуется прорыть канал в обмелевшей северо-восточной части Азовского моря на пространстве 120 верст от Долгой Косы до нынешних устьев Дона. Тогда только воды Черного моря направятся в Азовское и в Манычский канал» (стр. 132).

Свое предложение Демченко закончил словами: «Вопрос о наводнении Арало-Каспийской низменности нельзя считать фантастическим или несбыточным, напротив, осуществление его физически и экономически вполне возможно и зависит лишь от сознания правительством и населением этой возможности, пользы и необходимости его. Пока же это не будет осознано, проповедь моя была и будет гласом вопиющего

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

в пустыне. Настанет время, когда с особенным интересом будут изучаться некоторые явления, в познании которых будет заключаться средство для выяснения столь жизненного для России вопроса о возможности улучшения ее климата указанным нами способом» (стр. 134).

Мысль Я. Демченко о переброске вод сибирских рек в бассейны Аральского и Каспийского морей была забыта надолго. В 1922 г. инженер-агроном Д. Д. Букинич выступил с предложением переброски вод р. Иртыша в Тургайские степи. В 1924 г. В. А. Монастыревым был представлен проект Сибирско-Казахско-Манычского водно-оросительного пути. В 1932 г. новосибирский инженер-гидротехник В. А. Мичков выдвинул проблему переброски вод р. Оби через степи Обь-Иртышского водораздела, с целью «орошения, использования каналов для речного транспорта и электроэнергии» (Мичков, 1932).

В 40-х годах выступил Н. Г. Кассин с предложением использования вод р. Иртыша для орошения степей Прииртышья и Казахстана.

Обычно эти проекты, в отличие от проблемы Демченко, сводились к разрешению частных вопросов использования вод сибирских рек для местных нужд народного хозяйства.

Спустя 80 лет после выступления Демченко, в 1948 г., М. М. Давыдов вновь выдвинул проблему Сибирского моря. «В качестве инженера-гидротехника, — пишет М. М. Давыдов (1951), — я прекрасно знал цену каждой капле влаги и начал работать над проектом этого сложного комплекса, который сейчас принято именовать Обь-Енисейской проблемой».

В течение 1948 г. М. М. Давыдов выступал с докладами во многих научных и инженерно-технических обществах, где публично изложил основы своего проекта. М. М. Давыдов умело связал все многолетние разрозненные проекты и схемы, начиная от Демченко до наших дней, и выдвинул обширную водно-хозяйственную и энергетическую проблему создания Сибирского моря и сброса части стока рек системы Обь-Иртыша и Ангаро-Енисея в бассейн Арало-Каспия. В основу своего проекта Давыдов положил идеи Демченко, но им разработана стройная система необходимых технических мероприятий для осуществления проблемы использования вод великих сибирских рек.

Предложение Давыдова вызвало горячую дискуссию. Инженеры и ученые различных специальностей высказывали свои мнения и критические замечания с точки зрения рыбного хозяйства страны, водного транспорта, энергетики, проблемы орошения и развития земледелия в районах, куда поступит сибирская вода.

Одновременно обсуждался и проект инженера А. Шульги, который предлагал создание так называемой «Южносибирской реки». В отличие от проекта Давыдова он предлагал брать воду из рр. Енисея, Оби и притоков этих рек в их верхнем течении.

После обсуждений и многочисленных дискуссий в научно-исследовательских институтах и общественных инженерных ассоциациях предложение М. М. Давыдова было рассмотрено экспертизой научно-технического совета Министерства электростанций СССР и было одобрено, а для изысканий и подготовки проекта отпущены необходимые средства (Давыдов, 1951).

ПРОБЛЕМА ОРОШЕНИЯ И ОБВОДНЕНИЯ КУЛУНДИНСКОЙ СТЕПИ

Кулундинская степь является частью громадной Западно-Сибирской равнины. Она раскинулась на север от Алтайских гор, на водоразделах

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

рр. Оби и Иртыша. К северу от линии г. Камень-на-Оби—Павлодар-на-Иртыше безлесная Кулундинская степь переходит в Барабинскую березовую лесостепь. Бараба и Кулунда в настоящее время стали крупнейшим районом зернового хозяйства, животноводства и маслоделия.

Кулунда одновременно представляет и весьма перспективный соляной район для химической промышленности, который чутко реагирует на орошение и обводнение степей.

Сельское хозяйство Кулунды нуждается в воде, соляная промышленность боится воды!

Осуществление орошения Кулунды водами р. Оби коренным образом затрагивает и соляную проблему Кулунды.

Таким образом, осуществление проблемы орошения и обводнения Кулундинской степи сильно осложняется. Химическая и соляная промышленности в настоящее время крайне заинтересованы вопросами, как и в какой мере осуществление проблемы орошения Кулундинской степи отразится на озерных соляных месторождениях, можно ли рассчитывать на сохранение накопившихся веками донных соляных отложений, для нормальной работы существующих предприятий, их расширения, осуществления строительства новых и т. д.

Дело в том, что за многие века, прошедшие с последнего оледенения, и по настоящее время в степях Западной Сибири сформировалось большое количество озерных месторождений поваренной соли, мирабилита, тенардита, соды, брома и прочих природных солей (Дзенс-Литовский, 1948).

За годы советских пятилеток на соляных богатствах Кулунды построены комбинаты, заводы и промыслы, проведены к месторождениям железнодорожные ветки и профилированные дороги, возникли во многих местах новые поселки и т. д.

Кроме уже существующих и работающих на озерном соляном сырье предприятий, в настоящее время реализуется в Кулундинской степи сульфатная проблема.

О том, повлияет ли осуществление орошения степных просторов на режим минеральных озер и произойдет ли разбавление рассолов и растворение донных соляных отложений минеральных озер, мнения исследователей расходятся. Одни утверждают, что орошение не повлияет на режим соляных озер, другие, наоборот, предполагают, что произойдет разбавление и растворение солей минеральных озер.

Физико-географические условия Барабы и Кулунды диаметрально противоположны. В Барабе на широких просторах производятся мелиоративные работы по осушению степи. Осушительные каналы в Барабинской лесостепи уже тянутся на многие тысячи километров.

Восстановление и очистка существующей осушительной системы, строительство новых магистральных каналов позволят использовать десятки тысяч гектаров новых земель под пашню, сенокосы и пастбищные угодья. Расширение мелиоративных работ открывает широкие перспективы для освоения и использования природных богатств Барабинской лесостепи.

Барабинской лесостепи вода приносит вред, и с нею ведется упорная борьба осушением, а в Кулундинской степи, наоборот, ведется упорная борьба за воду, за орошение. Кулунда страдает от суховеев, раскаленного мертвящего дыхания пустынь Казахстана, убивающего на своем пути травы, цветы, хлеба.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Заселение Кулунды проходило стихийно. В 1900—1909 гг. начались первые работы по водворению переселенцев, и к 1912 г. многие степные районы ожили, покрывшись селениями. Таким образом, Кулунда в какие-нибудь 3—4 года резко изменила свой облик. С мая 1911 г. между ст. Татарской и с. Куприным, на расстоянии около 170 км по направлению к Славгороду, местные переселенческие организации открыли уже товаро-пассажирское сообщение автобусом.

В 1908 г. посреди степи, около пресного озера Секачи, возникло сельцо Славгород, а в 1912 г. Славгород насчитывал уже 4 тысячи жителей. Но особенно широко развился этот город после Великой Октябрьской социалистической революции. Теперь Славгород — крупный районный центр Алтайского края, развивающийся на железнодорожных магистралях, пересекающих Кулундинскую степь.

На просторах современной Кулундинской степи раскинулись обширные колхозные поля. От берегов Оби и до берегов Иртыша осенью колышутся бесконечные массивы золотистой пшеницы, по которой, как кораблн, движутся громадные комбайны. По прямым степным дорогам стремятся к элеваторам длинные обозы и колонны автомашин, груженные золотистым зерном. Советская Кулунда — житница Сибири. Про ее просторы и богатство с любовью слагают стихи сибирские поэты:

Широко Кулундинские степи
Разместились меж синих озер.
Кто увидит — полюбит навеки
Этот русский бескрайний простор.
(В. Пухначев).

Гидрологическое наступление на Кулундинскую степь готовится с юга — с Алтайских гор, и с востока — с берегов р. Оби. И скоро громадная территория, по площади равная Великобритании, покроется каналами, пресными озерами, полезащитными зелеными полосами.

Составляются планы орошения, идет съемка местности, закладываются лесные полосы, на оврагах воздвигаются плотины, строятся водохранилища, устанавливаются ветряные двигатели и насосы, осваиваются под посевы зерновых хлебов огромные участки целинных земель.

Инженерами Сибири выдвинуты две проблемы орошения Кулундинской степи — водами р. Оби и местными подземными водами.

Проблема орошения Кулундинской степи водами р. Оби, разработанная В. А. Мичковым

Проблема эта называется обь-кулундинской, потому что она предполагает комплексное использование вод р. Оби и ценнейших земельных угодий Кулунды (Мичков, 1932).

Кулундинские степи представляют собой территорию около 5 млн га с прекрасными черноземными и каштановыми почвами. Но для освоения Кулунды нехватает воды, так как степь систематически страдает от недостаточного количества атмосферных осадков. Драгоценная вода мощными водными артериями уносится через степи в Карское море.

Отличные плодородные качества почвы и равнинный рельеф Кулундинской степи определяют ее именно как действительную житницу, где могут выращиваться исключительно высокие урожаи зерновых культур.

Для орошения Кулунды водами р. Оби природа создала благоприятные условия. Уровень р. Оби выше, нежели уровень района Кулундинских степей и р. Иртыша, что позволяет самотеком подавать воду

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

в орошаемые районы. На территории Кулундинских степей имеется целая система крупных минеральных озер с громадными запасами промышленных солей, которые представляют собой ценнейшее сырье для соляной и химической промышленности.

В проекте подчеркивается исключительное значение использования водного канала Обь—Кулунда—Иртыш для организации местного водного транспорта, что в значительной степени облегчит задачу крупных сельскохозяйственных перевозок для районов, отдаленных от магистральных путей сообщения. Наконец, сооружение плотины у г. Камня-на-Оби представляет возможность строительства крупной гидроцентрали.

По подсчетам В. А. Мичкова (1932), возможность получения вместо существующих в настоящее время урожаев зерновых культур значительно более высоких после орошения полностью оправдает те затраты и энергию, которых требует реализация всей обь-кулундинской проблемы. Это позволяет создать на востоке СССР устойчивую продовольственную и животноводческую базу.

Для осуществления обь-кулундинской проблемы орошения Кулундинской степи необходимо построить на р. Оби плотину с высоким подпором и проложить в степи сеть ирригационных каналов.

Изысканиями установлено, что для орошения Кулундинских степей лучше всего использовать воды р. Оби. Для вывода обской воды может служить древнее русло р. Кулунды. Для этого необходимо построить высоконапорную плотину ниже Кулундинской седловины у г. Камня-на-Оби, которая поднимет уровень воды в реке до 35 м и образует выше плотины «Кулундинское море» длиной 300—350 км.

Каменская гидростанция по сравнению с рядом крупнейших гидростанций Советского Союза будет занимать одно из первых мест и будет почти равна Днепровской.

В результате осуществления обь-кулундинской проблемы создастся судоходный путь по р. Оби от г. Камня-на-Оби до устья р. Алея. Будут сооружены каналы, соединяющие р. Обь с Иртышом и с оз. Чаны. Оз. Чаны можно соединить с р. Омью и использовать эту реку для вывода судов на р. Иртыш в г. Омске и создать водный путь Обь—Омь—Иртыш.

Магистральные ветви и распределители создадут мощную сеть водных транспортных подъездных путей, по которым в специальных мелких судах будут подвозиться к основным артериям миллионы тонн сельскохозяйственной продукции и обратно на места — стройматериалы, удобрения, нефтепродукты и пр.

Так как в результате осуществления обь-кулундинской проблемы будет решен ряд важнейших задач хозяйственного строительства, проблема эта является одной из эффективнейших водохозяйственных проблем СССР. Кулундинская степь превратится в район высокопродуктивного сельского хозяйства.

Проблема орошения Кулундинской степи подземными водами

Инженером-гидротехником Ф. С. Бояринцевым (1949) выдвинута проблема орошения Кулунды подземными водами. В Кулундинской степи возможно осуществить подземными водами оазисное орошение зерновых и технических культур на отдельных площадях. Подземные воды залегают ярусами в водоносных песках и супесях на глубине 20—50 м от поверхности земли.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Отдельные ярусы подземных вод гидрогеологически связаны друг с другом, залегают в рыхлых отложениях различных геологических возрастов, заполняющих Обь-Иртышское междуречье. Область питания подземных вод степей этого междуречья находится на Салаирском хребте и в предгорьях Алтая, на абсолютных отметках 400—500 м и более, а Кулундинская степь имеет отметки 100—150 м.

Выходы подземных вод на дневную поверхность на этой громадной территории степей наблюдаются по рр. Оби, Иртышу и берегам озер Кулундинского, Кучукского, Б. Ярового и многих других бессточных озер Кулундинской степи. В северной части Барабинской степи и дальше на север в обширных Васюганских болотах Западно-Сибирской низменности, вплоть до Обской губы, подземные воды сливаются с поверхностными и образуют громадные болотные пространства.

Гидрогеологическими исследованиями, проведенными за годы советской власти, установлено наличие во многих местах Кулундинской степи многоярусного залегания пресных подземных вод. Однако эти подземные воды недостаточно используются для орошения.

Сельскохозяйственное и коммунальное водоснабжение колхозов, совхозов и многих населенных пунктов Кулундинской степи в настоящее время осуществляется из многих сотен трубчатых и нескольких тысяч шахтных колодцев, использующих различные горизонты подземных вод. Много миллионов кубометров подземных вод ежегодно выливается в минеральные озера Кулунды и уходит на испарение. Режим степных озер был бы немыслим без наличия постоянного притока в них огромных количеств подземных вод. Так, ориентировочный расчет водного баланса озер Кулундинского, Кучукского и Б. Ярового, расположенных в центре Кулундинской степи, показывает, что ежегодный приток подземной воды в двух смежных озерах — Кулундинском и Кучукском — составляет около 100 млн м^3, а в оз. Б. Яровом — около 16 млн м^3. Лишь этой водой можно было бы оросить более 50 тыс. гектаров степных земель в районе указанных озер. Но все эти огромные ресурсы подземных вод для целей ирригации Кулунды еще не используются (Шнитников, 1948).

Источники местной природной энергии при орошении Кулундинской степи

В связи с выявившейся для Кулунды возможностью широкого всестороннего использования в сельском хозяйстве подземных вод встал вопрос об источниках доступной и дешевой энергии.

Как источник энергии при орошении водой трубчатых колодцев можно использовать энергию ветра при помощи ветродвигателей.

Простейшие ветровые машины сельских мельниц обладали обычно небольшой полезной мощностью, всего 8—10 л. с. Они превращали в полезную работу не более 8—10% мощности воздушного потока. Современные цельнометаллические ветродвигатели с многолопастным ветровым колесом превращают в полезную работу уже до 30% энергии воздушного потока. Работа любого ветродвигателя зависит от постоянства и силы ветра. Ветровые условия Кулундинской степи как раз отличаются часто дующими ветрами. Поэтому в Кулундинской степи весьма целесообразно использовать ветродвигатели для стационарных производственных процессов сельского хозяйства.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Новый советский ветродвигатель Д-18 развивает полезную мощность до 30 л. с. и вполне обеспечивает эксплуатационные требования, предъявляемые к силовой установке малой мощности (Юрезанский, 1949).

Ветродвигатель Д-18, работая с центробежным насосом или с группой мелких насосов на напоры от 10 до 20 м, может обеспечить орошение площади 20—35 га при поливной норме 600—800 см³ воды на один полив.

В осенне-зимний период, когда, как правило, ветер усиливается и вода для полива не требуется, ветросиловые установки можно переключить на откачку воды и наращивание ледяных бугров с последующим использованием воды тающего льда.

При сочетании высокодебитных трубчатых колодцев с ветродвигателями любых марок возможно будет в зимний период в климатических условиях Кулунды аккумулировать воду путем намораживания в буты высотой до нескольких метров, широко практиковать осенние поливы земель и производить зимнюю консервацию почвы путем намораживания слоя льда определенной толщины, с тем чтобы посевание почвы не опережало по времени ее пахоты (Бояринцев, 1949).

На ближайший период намечено осуществить орошение подземными водами на площади 500 тыс. га в основном в 10 районах, имеющих острый недостаток в осадках, наиболее близкое залегание подземных вод, исключительно ровный рельеф местности, плодородные каштановые почвы, высокий процент пахотноспособных земель, на которых сеются яровые пшеницы.

Кулундинская степь самой природой создана для орошаемых севооборотов. В комплексе со всеми агромероприятиями устойчивая урожайность зерновых будет составлять не менее 40 ц с гектара. Таким образом, один лишь прирост урожайности зерновых на орошаемых землях составит не менее 150—200 миллионов пудов. В результате роста продукции полеводства резко повысится и продукция животноводства. Садоводство и лесонасаждение получат надлежащий размах.

Подземные воды будет целесообразно использовать также для водоснабжения животноводческих ферм, пастбищ, полевых бригад, промышленного и коммунального водоснабжения всех населенных пунктов Кулундинской степи и приобских районов, для образования водоемов при птицеводческих фермах и колхозных, совхозных, районных парках культуры и отдыха и водоснабжения железной дороги.

Если расчеты Бояринцева верны, то подземными водами в засушливой Кулундинской степи можно создать цветущие районы в короткие сроки и без крупных капиталовложений.

К сожалению, гидрогеологическая изученность Кулунды на сегодня не позволяет еще дать ответа на многочисленные вопросы, связанные с проблемой орошения Кулунды подземными водами.

Одновременно встают и другие вопросы, в том числе и вопрос, как осуществление проблемы орошения подземными водами повлияет на режим минеральных озер Кулунды.

Показатели обь-иртышской проблемы, выработанные В. А. Мичковым (1932), чрезвычайно благоприятны. Однако это отнюдь не дает основания для рассуждения о замене одной проблемы другой. Быть может, лучше ставить вопрос о взаимном дополнении одной проблемы другой.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

ПРОБЛЕМА ОСУШЕНИЯ БАРАБИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Если в проблеме Кулундинской степи на первом месте стоят вопросы орошения и обводнения, то в Барабе, наоборот, основным вопросом является осушение болот и заболоченных земель.

Выполняя директивы XIX съезда партии, Министерство сельского хозяйства СССР и Новосибирский облисполком проводят крупные мероприятия по улучшению агромелиоративного состояния сельскохозяйственных угодий Барабы.

В Барабе много болот, озер и лесов, нуждающихся в проведении больших осушительных работ. «Все это вызывает закономерный вопрос, — пишет А. Д. Пападиади (1953), — правильно ли продолжать называть Барабу степью, когда этим термином принято называть более или менее равнинные, сухие и безлесные пространства».

В Барабинской низменности большие просторы свободных плодородных земель, лугов, полей. «За Карасуком, — писал В. В. Докучаев еще 72 года тому назад, — по направлению к Чанам располагаются беспредельные луговые равнины, благородные кормовые травы которых, перемешанные с множеством цветов, были выше колен» (1882).

Долго лежала Бараба почти не тронутой рукой человека. Болота подступали к полям и лугам, останавливали течение рек, губили озера.

Характерной особенностью Барабинской низменности является ее равнинность и заболоченность. Наиболее заболочены северные окраины Барабы, где болота занимают плоские долины междуречий и слабо выраженные водораздельные пространства. В южной части болота занимают только отдельные понижения рельефа — межгривные ложбины, обширные плоские котловины и западины, а также мелкие впадины и блюдца, которыми изобилуют пологие склоны водоразделов и грив (Пападиади, 1953).

Заболоченность Барабы и площадь водного зеркала барабинских озер подвержена периодическим колебаниям — изменениям. Площадь болот и заболоченных земель весьма неустойчива. В годы с большим выпадением осадков избыточная влага, скопляясь в понижениях рельефа, увеличивает заболачивание и переувлажнение лугов и полей. В засушливые периоды происходит обратное явление — сокращение площади заболоченных и избыточно увлажненных земель. В Барабинской низменности встречаются болота как водоемного, так и суходольного заболачивания. Последнее в целом по Барабе имеет большое распространение и, по подсчетам Пападиади, составляет 83.5% общей площади.

Водоемные болота как в прошлом, так и в настоящем образуются главным образом вследствие зарастания озер, стариц и медленно текущих рек.

Сравнительно небольшая глубина барабинских озер способствует их быстрому зарастанию. Особенно благоприятствует заболачиванию водоемов периодическое колебание в них горизонта воды. В засушливые периоды с малым количеством атмосферных осадков освободившаяся от воды поверхность озерной чащи покрывается буйной растительностью, неразложившиеся остатки которой повышают уровень склонов и дна и тем самым сокращают площадь водного зеркала. «Интенсивность этого процесса настолько велика, что нередки случаи, когда на глазах одного поколения озеро превращается в болото. Так, например, в Куйбышевском районе болото, называемое Лебяжьим, по свидетельству

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

старожилов, лет 40—50 тому назад было местом охоты на лебедей» (Панадиади, 1953).

На топографических картах съемки Барабы конца XIX в. и начала нашего столетия показано много озер различного размера, которые в настоящее время представляют собой заболоченные пространства и торфяники.

Переселенцы раньше всего заселяли северную Барабу и Кулунду, нежели центральную болотистую часть Барабы, занимающую более выгодное положение по отношению к Сибирской магистрали. По свидетельству известного знатока Сибири Н. М. Ядринцева (1880), «огромные пространства, разделявшие водоразделы, оставались незаселенными, такими были: Тарский волок, Бараба до Томска и пространство до Енисея».

Только в конце XIX в. Барабинская низменность стала постепенно заселяться. Однако огромная часть ее территории оставалась незаселенной.

Никогда до нашего времени Бараба не давала человеку того, что могла и должна была давать. Даже основная отрасль ее сельскохозяйственного производства — скотоводство — отличалась исключительно низкой продуктивностью. Зимой животные страдали в своих плетневых пригонах от лютого мороза, летом на них нападали мириады комаров, мошки, оводы. Тысячами валила с ног сибирская язва.

Для того чтобы вызвать к жизни дремлющие богатства Барабы, нужны были советская власть, колхозный строй, руководство коммунистической партии. В центре Барабы раскинулись обширные колхозные поля. На зеленых лугах пасутся громадные стада сибирского молочного скота. Советская Бараба стала крупнейшим зерновым и молочным районом страны.

Многое уже сделано для осушения Барабинской низменности. Отвоеваны от болот громадные пространства, во многих местах остановлено наступление торфяников, восстановлены течение рек и зеркальная гладь озер. Но впереди еще большие и сложные работы «у берегов обширных и прекрасных озер на привольной Барабе, на благословенных местах Карасука».

Проблемой изучения и освоения просторов Западной Сибири занимаются многие научно-исследовательские организации и учреждения Новосибирска, Барнаула, Омска, Москвы и Ленинграда. Усилия ученых и практиков направлены на комплексное изучение и освоение богатств недр и поверхности земли Сибирской.

Литература

Бояринцев Ф. С. (1949). Проектирование и строительство высокодебитных колодцев с гравийно-проволочными фильтрами. Барнаул. — Герасимов И. П. (1934). К истории развития рельефа Обь-Иртышской равнины. Исслед. подземн. вод СССР, вып. V, Л. — Герасимов И. П. (1940). Основные вопросы геоморфологии и палеогеографии Западно-Сибирской низменности. Изв. АН СССР, № 5. — Давыдов М. М. (1949). Обь будет впадать в Каспийское море. Сибирские огни, № 2, Новосибирск. — Давыдов М. М. (1951). Реки, текущие вспять. Журн. «Новости» (News), № 6. — Дементьев В. А. и А. С. Кесь (1947). Западно-Сибирская низменная равнина. Тр. Комит. по естеств.-истор. районированию СССР, т. II, вып. 1. М.—Л. — Демченко Я. (1900). О наводнении Арало-Каспийской низменности. 2-е изд., Киев. — Дзенс-Литовский А. И. (1948). Геологические условия формирования месторождения природной соды в СССР. Полезн. ископ., Матер. ВСЕГЕИ, сб. 4. — Докучаев В. В. (1882). По вопросу о сибирском черноземе. Тр. Вольн. экопом. общ. — Журнал «Знание», № 9, 1871. — Кесь А. С. (1935). О генезисе котловин Западно-Сибирской равнины. Тр. Инст. физ. геогр. АН СССР,

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

вып. 15. — Мичков В. А. (1932). Орошение Кулунды, Новосибирск. — Обручев В. А. (1949). О проекте инженера М. М. Давыдова «Енисей-Обь-Арало-Каспийская хозяйственная и энергетическая проблема». Изв. АН СССР, сер. геолог., № 6. — Панадиади А. Д. (1953). Барабинская низменность, М. — Резолюции XIX съезда Коммунистической партии Советского Союза (1953), Госполитиздат. — Танфильев Г. И. (1902). Бараба и Кулундинская степь в пределах Алтайского округа. Тр. геолог. части кабинета, т. V. — Шнитников А. В. (1948). Водный баланс озер Кулундинского и Кучук. Тр. ГГИ, вып. 4, Л. — Юрезанский В. (1949). Цвести садам в пустыне. Литературная газета от 1 янв. 1949 г. — Ядринцев Н. М. (1880). Поездка по Западной Сибири. Зап. Сиб. отд. Русск. геогр. общ., кн. II.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр
Предисловие	3
Ф. И. Быдин. Методика анализа водных ресурсов в их зависимости от атмосферных осадков	5
Б. Л. Личков. О законе горизонтальной зональности В. В. Докучаева в применении к грунтовым водам и о степени подчинения горизонтальной зональности остальных подземных вод	81
Г. Н. Петров. Пересыхающие реки Татарской АССР и возможности их обводнения	120
Ф. И. Быдин. Об уровнях озер в связи с изменением притока воды в них	142
А. И. Дзенс-Литовский. К вопросу об использовании вод великих сибирских рек	153

Утверждено к печати
Географическим обществом СССР

*

Редактор Издательства *С. Д. Вихрев*
Технический редактор *Н. Г. Молодцова*
Корректоры *Н. А. Брашловская* и *М. М. Гальперн*

*

РИСО АН СССР № 49—7Р. М-41829. Подписано к печати 31/VII 1954 г. Бумага 70×108 /16. Бум. л. 5 3/8. Печ. л. 14.72. Уч.-изд. л. 14.26+2 вклейки (0.46 уч.-изд. л.). Тираж 2200. Заказ 1063
Цена 11 р. 80 к.

1-я тип. Издательства АН СССР. Ленинград, В. О., 9 линия, д. 12.

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9

Опечатка

Страница	*Строка*	*Напечатано*	*Должно быть*
78	Последняя строка подписи под рис. 30.	1 года назад — 0.35, 2 лет назад — 0.15).	первого года назад —0.35, второго года назад — 0.15).

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2013/01/22 : CIA-RDP81-01043R001500050007-9